

JANA WÄLDCHEN, ANGELIKA THUILLE, MARCO SEELAND, MICHAEL RZANNY, ERNST-DETLEF SCHULZE, DAVID BOHO, NEDAL ALAQRAA, MARTIN HOFMANN & PATRICK MÄDER

Flora Incognita – Halbautomatische Bestimmung der Pflanzenarten Thüringens mit dem Smartphone



Zusammenfassung

Artenkenntnis ist eine grundlegende Voraussetzung für den Schutz von Biodiversität. Menschen sind eher bereit, Pflanzen und Tiere zu schützen, wenn sie diese aus eigener Erfahrung kennen und wertschätzen. Die Bestimmung von Pflanzen mit herkömmlichen Bestimmungsbüchern gestaltet sich für den Laien sehr komplex, zeitintensiv und durch die Verwendung zahlreicher Fachtermini oft schwierig. Dadurch entsteht eine große Hürde für Interessierte, welche sich Artenkenntnisse aneignen möchten. Bildbände haben einen Teil dieser Lücke erfolgreich gefüllt, sie sind aber meist im Freiland oder auf einem Sonntagspaziergang nicht verfügbar. Im Gegensatz dazu sind digitale Kommunikationstechniken Teil unseres Alltags geworden und bieten die Möglichkeit, herkömmliche Bestimmungsmethoden zu vereinfachen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Flora Incognita“ soll ein Verfahren zur teilautomatischen Pflanzenbestimmung mittels mobiler Endgeräte entwickelt werden. Das Verfahren wird den Nutzer durch eine interaktive Folge von Erkennungsschritten zur gesuchten Art führen. Dabei wird ein Teil der Bestimmungsmerkmale automatisch durch Bilderkennung erfasst, Umwelt- und Standortfaktoren in die Erkennung einbezogen und der Nutzer gebeten, abhängig von der konkreten Situation, zusätzliche Fragen zu beantworten oder Bildteile zu markieren. Die Erkennungssoftware auf Basis einer internetbasierten Plattform erlaubt den Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen Nutzern und regt ambitionierte Interessierte zur Mitarbeit am Projekt an.

Key words

Plant identification, smartphone, app, Flora Incognita, image recognition

Abstract

Flora Incognita – Semi-automatic Plant Species Identification with Mobile Devices

Species knowledge is essential for protecting biodiversity. People are more willing to protect plants and animals that they personally experienced before. The identification of plants by conventional keys is very complex, time consuming, and due to the use of specific terms frustrating for non-experts. This creates a hard to overcome hurdle for novices interested in acquiring species knowledge. Modern communication techniques are a continuous companion in today's life and provide an opportunity to simplify conventional identification methods. The goal of our "Flora Incognita" project is developing a method for semi-automatic plant identification via mobile devices. The process will lead a user through an interactive series of identification steps. Part of these steps will utilise image recognition techniques to identify plant traits. An accompanying web-based platform will allow ambitious interested users to contribute in our project.

EINLEITUNG

Die Vereinten Nationen haben die Jahre 2011 bis 2020 zur Dekade für die biologische Vielfalt erklärt. Durch diese Maßnahme soll die Bedeutung der Biodiversität für unser Leben ins Bewusstsein der Weltöffentlichkeit rücken. Hintergrund ist eine zunehmende Gefährdung der Biodiversität in nahezu allen Ländern der Erde (PIMM et al. 2014), die im Wesentlichen, direkt oder indirekt, durch Menschen verursacht wird (MURPHY & ROMANUK 2014).

Naturschutzverbände und Wissenschaftler beklagen zunehmend mangelnde

Artenkenntnisse in unserer Gesellschaft und dass sogar bei Biologen die Artenkenntnis abnimmt. Wie viele Menschen können einzelne Arten sicher ansprechen und ihr Vorkommen in einen ökologischen Zusammenhang stellen? Untersuchungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nur wenige Pflanzen- und Tierarten kennen. Nach Umfragen an bayerischen Schulen kennt der Durchschnittsschüler lediglich 4,2 von 12 Vogelarten (ZAHNER et al. 2007) und 3,7 von 12 Baumarten (DACHS et al. 2009). Besonders defizitär ist die Formenkenntnis der heimischen Wildkräuter (JÄKEL & SCHAER 2004; HESSE 2002). WANDERSEE & SCHUSTER (1998) kritisieren schon seit 1998 eine

sogenannte „plant blindness“ in unserer Gesellschaft. Pflanzen bilden für das ungeübte Auge eine anonyme grüne Masse ohne Individualität, selbst eine Blumenwiese wird von vielen Menschen nur als „Gras“ wahrgenommen (JÄKEL & SCHAER 2004). Dieses Bild deckt sich mit Beobachtungen von Wissenschaftlern, die feststellen, dass auch viele Studenten nur über mangelhafte Artenkenntnisse verfügen. Diese Entwicklung ist für Naturschutz und Landnutzung prekär. Denn mit schwindenden Kenntnissen über Tiere, Pflanzen und ökologische Zusammenhänge nimmt auch die Bereitschaft in der Bevölkerung ab, sich für Naturschutz- und Umweltschutzbelange

einzusetzen (LINDEMANN-MATTHIES 2005, 2002). Wie soll man für den Schutz der Vielfalt von Arten werben, wenn diese Vielfalt der Bevölkerung praktisch nicht bekannt ist?

Schwindende Artenkenntnisse sind nicht nur allgemein in der Bevölkerung zu beobachten. FROBEL & SCHLUMPRECHT (2014) halten in ihrem Gutachten „Erosion der Artenkenner“ fest, dass sich auch innerhalb des ehrenamtlichen Engagements für Natur- und Umweltschutz – traditionell getragen von Menschen die sich durch besondere Tier- und Pflanzenkenntnis auszeichnen („Artenkenner“) – eine tiefgreifende Änderung vollzieht. Eine strukturierte Befragung von 70 Sachverständigen, welche selbst im Bereich der Beschaffung von Grundlagen für den Naturschutz tätig sind, ergab einen deutlichen Rückgang der Artenkenner im jeweiligen persönlichen Umfeld praktisch aller Befragten um 21% in den letzten 20 Jahren. Dies zeigt eindeutig ein generelles Problem, das für die Zukunft des Naturschutzes höchste Relevanz hat, insbesondere weil nur 8% der derzeitigen Artenkenner unter 30 Jahre alt und viele über 60-Jährige noch aktiv sind. In den kommenden Jahren ist kein nennenswerter Nachwuchs zu erwarten. Daher ist für die nächsten zehn bis zwanzig Jahre von einem Rückgang der Anzahl von Artenkennern auszugehen (FROBEL & SCHLUMPRECHT 2014). Planungsbüros, Umweltverbände und Naturschutzbehörden beklagen bereits heute den zunehmenden Rückgang an entsprechend ausgebildeten Hochschulabsolventen, gerade in einer Zeit, in welcher der Bedarf an gut ausgebildeten Artenkennern steigt, da die nationalen und internationalen Biodiversitätsstrategien einen Aufschwung erfahren. Mit dem Fehlen solider Artenkenntnis tritt die Bedeutung des Arten- und Biotopschutzes in der Bevölkerung und in der Politik vermehrt in den Hintergrund.

Gleichzeitig steigt in der gesamten Bevölkerung und insbesondere bei Kindern und Jugendlichen das Interesse für digitale Medien. Diese sind aus dem Leben der meisten Menschen nicht mehr wegzudenken. Seit der Einführung des Apple iPhone® im Jahr 2007 sind Smartphones für eine breite Masse von Anwendern ständiger Begleiter und unverzichtbares Hilfsmittel geworden. Sie besitzen ein

intuitives Bedienkonzept und ihr Funktionsumfang lässt sich durch zusätzliche Anwendungen (Applications – Apps) erweitern. Während 2010 weltweit noch rund 300 Millionen Smartphones verkauft wurden, waren es im Jahr 2015 bereits mehr als 1,4 Milliarden Geräte (International Data Corporation 2016 www.idc.com). Diese technischen Entwicklungen beeinflussen bereits in vielen Lebensbereichen unsere Art zu Lernen und sich Wissen anzueignen und bieten auch eine Möglichkeit zur Förderung der Artenkenntnis. Die Entwicklung neuer Kommunikationstechniken und deren ständige Verfügbarkeit machen es möglich, herkömmliche Bestimmungsmethoden zu revolutionieren. Artbestimmungen mit Hilfe von Bestimmungsbüchern sind komplex, zeitintensiv und damit für Laien oft schwierig. Dadurch entsteht eine große Hürde für Interessierte, die sich Artenkenntnisse aneignen möchten, obgleich Bildbände einen Teil dieser Lücke gefüllt haben. Bücher sind aber im Freiland nicht immer verfügbar. Artenbestimmung kann vereinfacht und damit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, indem mobile Endgeräte den Nutzer unterstützen. Ein umfassendes Vor- und Fachwissen ist für diese Art der Bestimmung nicht nötig, sodass ein größerer Personenkreis damit angesprochen werden kann. Eine teilautomatische Bestimmungshilfe soll dazu beitragen, dass Menschen sich aktiv für die Natur interessieren, mehr Naturverständnis entwickeln und sich für den Erhalt der Biodiversität einsetzen.

ZIELSETZUNG

Das Ziel des „Flora Incognita“-Projekts besteht in der Entwicklung eines interaktiven Verfahrens zur teilautomatischen Bestimmung der wildwachsenden Blütenpflanzen Thüringens. Die Benutzerfreundlichkeit soll dabei im Vordergrund stehen. Die Basis hierfür bildet eine an rechentechnische Möglichkeiten angepasste Merkmalsdatenbank. Die Vorteile automatischer Bilderkennung kombiniert mit Nutzerinteraktionen erhöhen die Genauigkeit des Bestimmungsprozesses. Dieser Prozess wird didaktisch auf das Vorwissen und das Interesse des Nutzers (z. B. Schüler, Laie, Experte) abgestimmt. Dazu kann beispielsweise die Schwierigkeit ergänzender Fragen,

aber auch die optische Gestaltung der Anwendung variiert werden. Ein automatisches Kartiersystem übermittelt zweifelsfrei identifizierte Individuen mit ihrem Standort zur weiteren Nutzung an zentrale Datenbanken von Naturschutzbehörden und Forschungseinrichtungen. Nutzern, Behörden und Wissenschaftlern steht dann eine offene Plattform zur Verfügung, mit deren Hilfe sie in einer an soziale Netzwerke angelehnten Umgebung Wissen teilen und Artenkataloge erweitern können. Wissenschaftler bekommen die Möglichkeit, weitere innovative Ansätze in den Bestimmungsprozess und die Nutzerplattform zu integrieren. Gleichzeitig können sie die in der zentralen Datenbank erfassten Informationen nutzen, um beispielsweise die Variation von Arten und ihrer Merkmale wissenschaftlich auszuwerten. Eine weitergehende Nutzung der zentralen Datenbank besteht zum Beispiel in der Dokumentation von Arten und der Veränderung derer Bestände über die Zeit.

KONZEPT

Abbildung 1 zeigt den schematischen Ablauf des Bestimmungsverfahrens. Der sich im Rahmen des Projektes entwickelnde Prozess zur Pflanzenbestimmung wird teilautomatisiert sein, da er automatische, halbautomatische und manuelle Merkmalsbestimmung in einem inkrementellen Prozess verknüpft. Es kommen, soweit wie möglich, automatische Techniken (u. a. Bilderkennung, Standortabfragen) zum Einsatz, ergänzt durch Interaktionen mit dem Benutzer. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Nutzung von Merkmalsabhängigkeiten. Das bedeutet, dass bereits erkannte Merkmale und deren Ausprägungen im Erkennungsprozess helfen, genauere Erwartungswerte für weitere zu erkennende Merkmale zu prognostizieren. Nach der erfolgreichen Bestimmung erhält der Nutzer Informationen zur bestimmten Art.

Technisch wird die Umsetzung des Verfahrens aus zwei verteilten Applikationen bestehen, einer Software für das mobile Endgerät (App) und in Form von internetbasierten Diensten (s. Abb. 1). Ziel ist es, auf dem mobilen Endgerät nur eine Erfassung und grobe Filterung

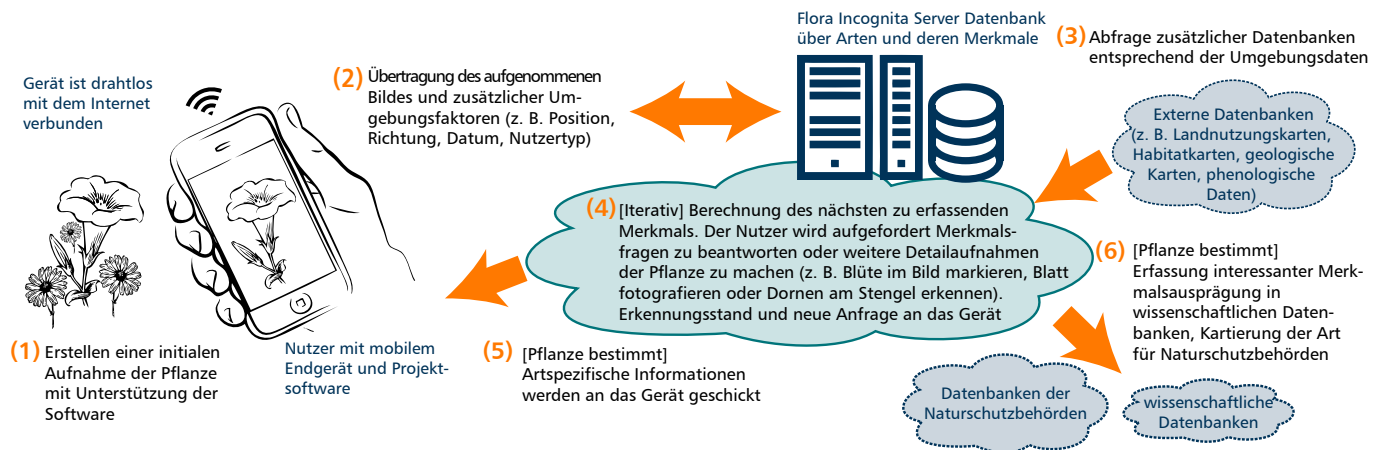


Abb. 1: Schematischer Ablauf des Bestimmungsverfahrens. (Illustration: J. WÄLDCHEN & P. MÄDER)

Die Zeichnungen der Pflanzen wurden von der zur Nutzung freien Internetseite www.cler.com/clipart-26684.html entnommen.

der Daten vorzunehmen; die eigentliche Analyse und Bestimmung wird durch einen zentralen internetbasierten Dienst (Cloud-Service) erfolgen. Vorteile dieser Realisierung sind die höhere Rechenleistung der Server, verglichen mit den begrenzten Fähigkeiten der mobilen Geräte, und die Möglichkeit, das System selbstlernend auszulegen, da die Rohdaten zentral erfasst werden. Zusätzlich in den Erkennungsprozess einbezogene Datenbanken erlauben aufgrund des Umfangs und / oder der Form der Lizenzierung keine Installation auf dem mobilen Gerät (z. B. geologisches Kartenmaterial, Landnutzungskarten).

STAND DER UMSETZUNG

Merkmalsdatenbank und manueller Bestimmungsprozess

In einem ersten Schritt wurden für ca. 400 Blütenpflanzen je 25 Merkmale in einer Datenbank abgelegt. Diese bildet die Grundlage für den manuellen Anteil am Bestimmungsprozess. Zunächst wurden dabei besonders verbreitete und häufige und / oder auffällige Arten ausgewählt, die auch das Interesse von Nicht-Botanikern wecken.

Die erfassten Merkmale beziehen sich sowohl auf den Spross und die Laubblätter (Blattstellung, Blattform etc.) als auch auf die Blüte (Art des Blütenstands, Anzahl der Kronblätter etc.). Die Auswahl erfolgte so, dass sie auch Nutzer mit geringem oder keinem botanischen Vorwissen erkennen. Neben einer kurzen Beschreibung der zu erfassenden Merkmale unterstützen Piktogramme

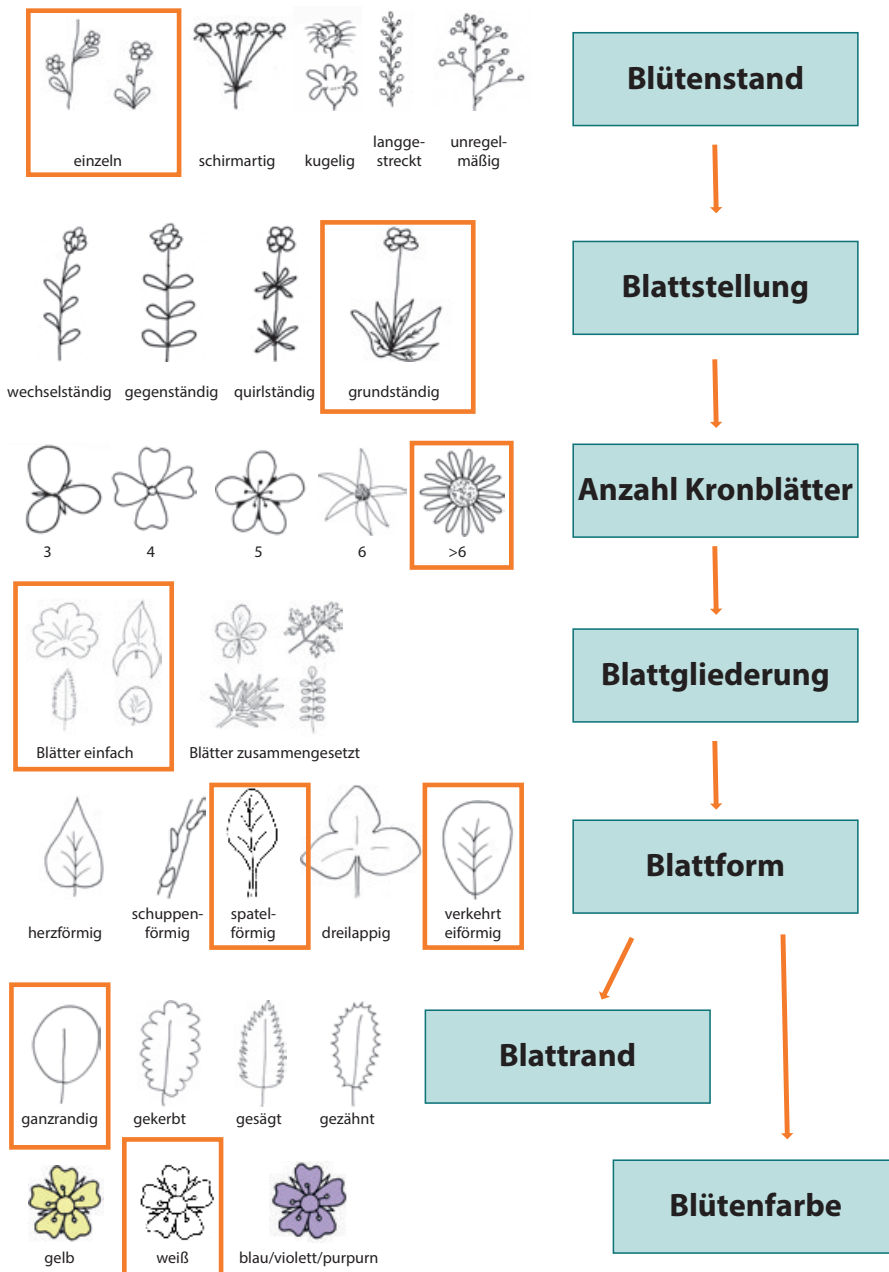
und Abbildungen den Erkennungsprozess (s. Abb. 2). Jedes Merkmal erhielt einen vorläufigen Schwierigkeitsgrad zugeordnet. Der dadurch gesteuerte Bestimmungsprozess stellt zu Beginn die am einfachsten eingestufteten Fragen. Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die vergebenen Schwierigkeitsstufen durch empirische Studien bestätigt bzw. gegebenenfalls korrigiert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, eine Art auf verschiedenen Wegen richtig zu bestimmen. Wenn zum Beispiel zur Frage nach einem bestimmten Merkmal mehrere Antworten denkbar sind, wird die Pflanze über mehrere Wege verschlüsselt, um „Sackgassen“ im Bestimmungsprozess zu vermeiden. Außerdem erlaubt dem Nutzer eine „Ich weiß nicht – Funktion“ bestimmte Merkmale zu überspringen. Abbildung 2 illustriert den manuellen Bestimmungsprozess am Beispiel des Ausdauernden Gänseblümchens *Bellis perennis* basierend auf der aktuellen Merkmalsdatenbank. Bei der Frage zur Blattform sind zwei Antworten möglich. Wird die Frage nach der Blattform mit: „spatelförmig“ beantwortet, folgt die Frage nach der Struktur des Blattrandes (die korrekte Antwort lautet „ganzrandig“) und das Ende des Bestimmungsprozesses ist erreicht. Wählt der Nutzer bei der Blattform dagegen „verkehrt eiförmig“, adressiert die letzte Frage die Blütenfarbe. Unabhängig von der gewählten Antwort in der Frage zur Blattform liefert der Bestimmungsprozess die korrekte Art.

Neben der Optimierung des beschriebenen Prozesses ist ein Hauptziel des Projektes, möglichst viele geeignete Merk-

male durch Bildanalysen automatisch zu erkennen.

Automatische Bestimmung via Bilderkennung

In der Vegetationsperiode 2015 erfolgte eine erste Feldstudie im Rahmen des Projektes. Dabei wurden je 25 Individuen von 32 Trocken- und Halbtrockenrasenarten mit einem handelsüblichen Smartphone in einer standardisierten Aufnahme-prozedur und unter verschiedenen Lichtbedingungen, verschiedenen Hintergründen und mit einer Farb- und Längskalibrierung fotografiert. Neben der Gesamtansicht ergänzten Detailaufnahmen der Blattunter- und -oberseite sowie der Blüte senkrecht und parallel zur Blütenstandsachse die Datenbasis. Diese Bilddaten dienen dazu, die Bilderkennungstechniken zu trainieren und deren Leistungsfähigkeit und Erkennungsrate zu untersuchen. Abbildung 3 zeigt die prinzipielle Methodik zur Bilderkennung. Während dichotome Schlüssel und die menschliche Wahrnehmung auf der Identifikation der jeweils relevanten Pflanzenteile (z. B. Kronblatt) und der Erfassung der abgefragten Attribute (z. B. „spitz zulaufend“) beruhen, werden in der Bilderkennung anhand mathematischer Definitionen und Regeln eindeutig definierte Bildregionen erfasst. Solche Bildregionen umfassen homogene und von ihrer jeweiligen Umgebung abgegrenzte Bereiche, d. h. Punkte im Bild, die sich aufgrund starker Änderungen von ihrer Umgebung unterscheiden. Die visuelle Information einer solchen Umgebung wird in eine mathematisch vergleichbare Form gebracht, einen sogenannten Deskriptor, der möglichst



und Textur von Pflanzenteilen beschreiben, die besten Erkennungsergebnisse liefert. So können die bisher erfassten 32 Pflanzenarten mit einer Genauigkeit von 94% anhand einer Aufnahme ihrer Blüte aus der Vogelperspektive automatisch bestimmt werden. Die verbleibenden 6% sind fehlerhafte Erkennungen von visuell sehr ähnlichen Arten, wie sie in Abbildung 4 dargestellt sind. Motivierend für den weiteren Einsatz von Bilderkennungs-Techniken ist die Tatsache, dass die Hinzunahme einer weiteren Perspektive, nämlich der Blüte aus der Seitenansicht, eine Verbesserung der Bilderkennungsrate auf aktuell etwa 99% erlaubt. Die Evaluierung der Techniken hat außerdem gezeigt, dass für jede Pflanzenart und Perspektive etwa 20 Aufnahmen benötigt werden, um ein ausreichendes Training der Technologie zu ermöglichen. Generell gilt: je mehr Bilder zur Verfügung stehen, umso besser ist die automatische Bestimmung.

IHRE UNTERSTÜTZUNG FÜR UNSER PROJEKT (CITIZEN SCIENCE)

In der Vegetationsperiode 2017 ist eine umfangreiche Studie zur Beschaffung des nötigen Bildmaterials zum Training unserer Bilderkennungs-Technologie geplant. Dabei bitten wir erstmalig, neben den Botanikern und ehrenamtlichen Kartierern der TLUG, auch interessierte Enthusiasten um Unterstützung. Mit der leicht zu bedienenden App können in kürzester Zeit Pflanzen und Pflanzenteile fotografiert und die Bilder auf den Projektserver hochgeladen werden. Diese App ist keine Bestimmungsanwendung, sondern dient dazu, eine große Bilddatenbank für das Forschungsprojekt aufzubauen. Diese Bilder werden für die Entwicklung und das Training der Bilderkennungs-Technologien verwendet und sind ein wichtiger Bestandteil für die Entwicklung einer halbautomatischen Pflanzenbestimmungs-App. Wir

Abb. 2: Darstellung des manuellen Bestimmungsprozesses mit Hilfe von Piktogrammen am Beispiel des Ausdauernden Gänseblümchens *Bellis perennis*. (Illustrationen: A. THUILLE & J. WÄLDCHEN)

unabhängig von den Aufnahmebedingungen des Bildes (z. B. Skala, Belichtungsverhältnisse, leichte Änderungen in der Perspektive) ist. Die Gesamtheit solcher Deskriptoren ist eine Art Finger-

abdruck, der die visuelle Erscheinung der fotografierten Pflanzenteile beschreibt und die Bilderkennung ermöglicht. Es hat sich gezeigt, dass eine Kombination von Deskriptoren, welche Form, Farbe

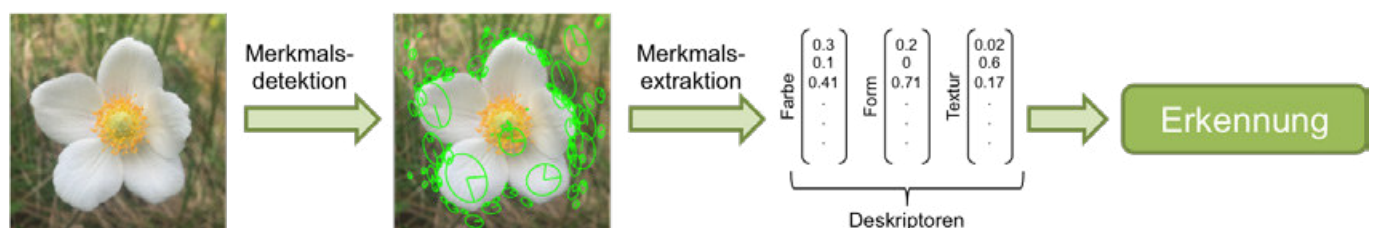


Abb. 3: Schematische Darstellung der Bilderkennungsmethodik. (Aufn. M. RZANNY, Illustration: M. SEELAND)

freuen uns auf eine breite Unterstützung aus der Bevölkerung. Werden Sie Teil unseres Forschungsteams! Fotografieren Sie während Spaziergängen und Wanderungen interessante Blütenpflanzen für uns. Diese App ist verfügbar für alle verbreiteten Mobiltelefone (iOS, Android). Den Link zur Installation finden Sie auf unserer Projektwebseite www.floraincognita.de. Hier halten wir Sie auch immer auf dem aktuellen Stand der Entwicklung.

DANK

„Flora Incognita“ ist ein Verbundprojekt, welches gemeinsam vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) sowie von der Stiftung Naturschutz Thüringen nach der Richtlinie zur Förderung von Forschungsvorhaben zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt gefördert wird. Die Verbundpartner sind die Technische Universität in Ilmenau sowie das Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena. Des Weiteren besteht eine wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Dr. WERNER WESTHUS), der Arbeitsgruppe Biodiversität der Pflanzen (Prof. Dr. CHRISTINE RÖMERMANN) am Institut für Spezielle Botanik sowie der Arbeitsgruppe Biologiedidaktik (Prof. Dr. UWE HOSSFELD) der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Projektlaufzeit: 2014–2019
 Förderkennzeichen:
 BMBF: 01LC1319A, 01LC1319B
 BfN / BMBU: 3514 685C19
 Stiftung Naturschutz Thüringen:
 SNT-082-248-03/2014
 Projektkoordination:
 Prof. (JP) Dr. PATRICK MÄDER
www.floraincognita.de



LITERATUR

DACHS, C., U. AMMER & R. VOGL (2009): Studie über das Waldwissen von bayerischen Schülern der 3. Jahrgangsstufe. – Hrsg.: Schutzgemeinschaft Deutscher Wald – Landesverband Bayern e. V.
 FROBEL, K. & H. SCHLUMPRECHT (2014): Erosion der Artenkenner. – Abschlussbericht im

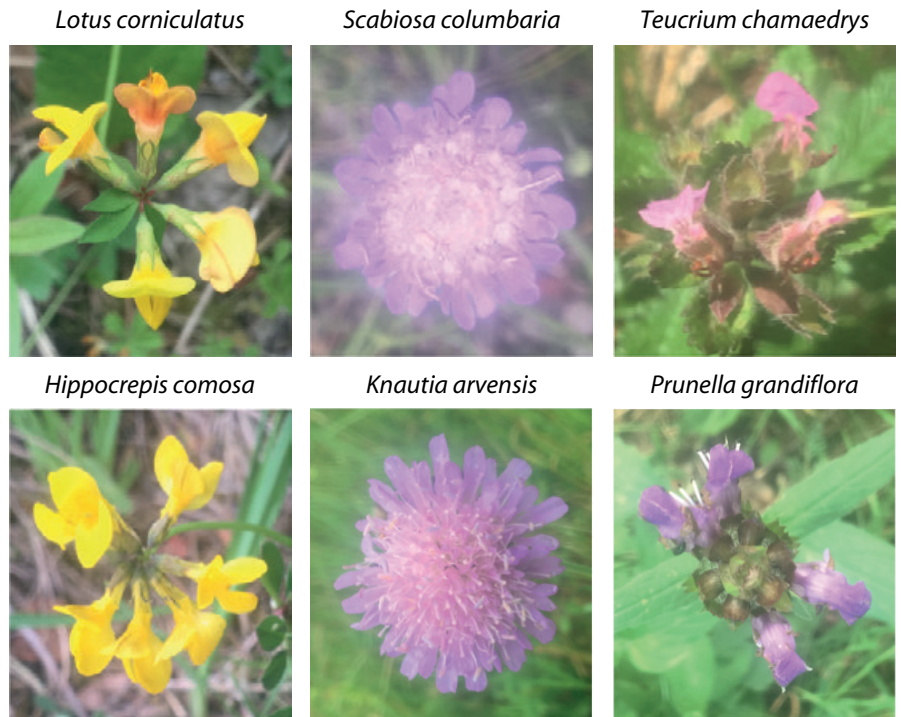


Abb. 4: Beispiele von sehr ähnlichen Arten, die zu einer fehlerhaften Erkennung führen können. (Aufn. M. RZANNY)

Auftr. BUND Naturschutz in Bayern e. V., Nürnberg
 HESSE, M. (2002): Eine neue Methode zur Überprüfung von Artenkenntnissen bei Schülern. Frühblüher: Benennen - Selbsteinschätzen - Wiedererkennen. – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften **8** (8): 53–66
 International Data Corporation (2016): <www.idc.com> [abgerufen am 03.04.2016]
 JÄKEL, L. & A. SCHAER (2004): Sind Namen nur Schall und Rauch? Wie sicher sind Pflanzenkenntnisse von Schülerinnen und Schülern? – Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie, IDB Münster **13**: 1–24
 LINDEMANN-MATTHIES, P. (2002): The influence of an educational program on Children's perception of biodiversity. – Journal of Environmental Education Vol. **33**: 22–31
 LINDEMANN-MATTHIES, P. (2005): 'Loveable' mammals and 'lifeless' plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. – International Journal of Science Education **27**: 655–677
 MURPHY, G. E. P. & T. N. ROMANUK (2014): A meta-analysis of declines in local species richness from human disturbances. – Ecology and Evolution **4** (1): 91–103
 PIMM, L., C. N. JENKINS, R. ABELL, S. P. BROOKS, J. L. GITTLEMAN, L. N. JOPPA, P. H. RAVEN, C. M. ROBERTS & J. O. SEXTON (2014): The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. – Science **344**: 988

ZAHNER, V., S. BLASCHKE, P. FEHR, S. HERLEIN, K. KRAUSE, B. LANG & C. SCHWAB (2007): Vogelarten-Kennntnis von Schülern in Bayern. – Vogelwelt **128**: 203–214

Dr. Jana Wäldchen
 Dr. Angelika Thuille
 Dr. Michael Rzanny
 Prof. Dr. Ernst-Detlef Schulze

Max-Planck-Institut für Biogeochemie
 Hans-Knöll-Str. 10 · 07745 Jena
jwald@bgc-jena.mpg.de

Prof. (JP) Dr. Patrick Mäder
 Dr. Marco Seeland
 David Boho
 Nedal Alaqrqa
 Martin Hofmann

TU-Ilmenau
 Helmholtzplatz 5 · 98693 Ilmenau
patrick.maeder@tu-ilmenau.de



Die Zeitschrift "Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen" erscheint mit vier Heften jährlich und ist im Jahresabonnement für den günstigen Betrag von 13 € (inkl. Versand) oder in Einzelheften zu beziehen.

Bestellmöglichkeiten und weitere Informationen

www.tlug-jena.de/de/tlug/presse_und_service/publikationen/Int/

