

Flora Incognita

Pflanzenbestimmung mit dem Smartphone

Einem Forscherteam der TU Ilmenau und des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena ist es gelungen, die traditionelle Pflanzenbestimmung ins digitale Zeitalter zu überführen. Im Rahmen des Projekts „Flora Incognita – Pflanzenbestimmung mit dem Smartphone“ entwickelten die Wissenschaftler eine App, mit der wildwachsende Blütenpflanzen mit dem Smartphone zuverlässig bestimmt werden können. Die Flora Incognita-App soll das Bewusstsein in der Bevölkerung für Artenvielfalt stärken und damit zu ihrem Erhalt beitragen.



Weltweite Untersuchungen zeigen, dass neben dem Klimawandel der Verlust der biologischen Vielfalt eine der größten Bedrohungen für die Menschheit darstellt. Das Verschwinden von Arten hat enorme Auswirkungen auf die Funktion und die Stabilität unserer Ökosysteme. Für den Schutz und den Erhalt von Biodiversität ist Artenkenntnis eine grundlegende Voraussetzung. Doch die Menschen kennen die Pflanzen und Tiere, die sie umgeben, immer weniger. Naturschutzverbände und Wissenschaftler beklagen in unserer Gesellschaft abnehmende Artenkenntnisse, sogar unter Biologen. Diese Entwicklung ist für den Naturschutz gefährlich, denn mit schwindendem Wissen über Tiere, Pflanzen und ökologische Zusammenhänge nimmt in der Bevölkerung die Bereitschaft ab, sich für Naturschutz- und Umweltschutzbelange einzusetzen.

Artenschutz fordert umfassendes Monitoring

Um Veränderungen in der Pflanzenwelt rechtzeitig erkennen zu können, werden flächendeckende, verlässliche Daten zum Status der biologischen Vielfalt benötigt, auf deren Grundlage Maßnahmen für den Artenschutz abgeleitet werden können. Ein umfassendes Monitoring der pflanzlichen Biodiversität ist daher eine zentrale Forderung des Artenschutzes. Bisherige Methoden der Pflanzenbestimmung mit Hilfe von Bestimmungsbüchern erwiesen sich jedoch als aufwändig, komplex und durch die Verwendung von zahlreichen Fachbegriffen oft schwierig.

Hier setzte das Flora Incognita-Vorhaben an: „Die Speicherkapazitäten von Servern und die Möglichkeiten einer digitalen Vernetzung haben sich in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt“, so der Projektleiter Professor Patrick Mäder. „Damit können wir heute Daten in Dimensionen verarbeiten, wie es vor zehn Jahren noch undenkbar war. Gleichzeitig wurden in dieser Zeit mobile Endgeräte wie Smartphones und Tablets nicht nur immer leistungsfähiger, sondern Teil unseres Alltags. Das wiederum eröffnet heute ganz neue Möglichkeiten für die Verbreitung und Nutzung von Daten und App-Programmen durch den Verbraucher.“

Zwei Millionen Bilder auf vier Servern

Allein in der Datenbank zur Flora Incognita-App befinden sich aktuell 2 Millionen Bilder. Jede Pflanze ist mit unterschiedlichen Bildern mit ihren Eigenschaften wie Blüten-, Blätterformen und Stilen mit Dornen, Härchen usw. vertreten. „Um diese riesige Datenmenge zu bewältigen, verwenden wir vier Server mit 20 Grafikkarten“, so Professor Mäder.



Das Team um den Leiter des Fachgebietes Softwaretechnik für sicherheitskritische Systeme der TU Ilmenau forscht seit Jahren intensiv an innovativen Verfahren der maschinellen Bildverarbeitung, wobei zunehmend selbstlernende Systeme und damit Künstliche Intelligenz im Fokus stehen. Die Gruppe um Professor Mäder hat sich auf diesem Gebiet international einen Namen gemacht. Hinzu kommt die Besonderheit, dass er seit rund zehn



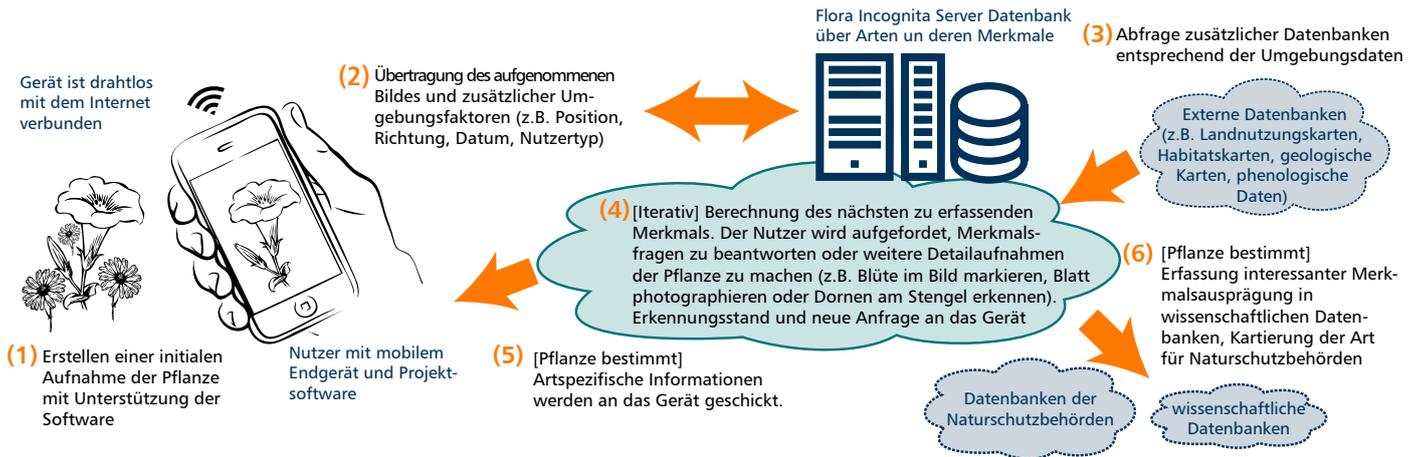
Jahren auch eng mit Wissenschaftlern aus anderen Disziplinen wie Biologen, Physikern oder Medientechnikern zusammenarbeitet. Damit haben sich in den letzten Jahren Alleinstellungsmerkmale herausgebildet, die sich in fachübergreifenden innovativen Projekten widerspiegeln.

Interdisziplinäre Expertise und großangelegtes Förderprogramm

Auch die Idee der Flora Incognita-App entstand in Zusammenarbeit mit Biologen vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena. Schon seit 2010 planten die Partner, ein gemeinsames Forschungsvorhaben zum Thema automatische Pflanzenerkennung auf den Weg zu bringen. Das Flora Incognita-Vorhaben nahm in Köpfen der Teams um Professor Patrick Mäder und Dr. Jana Wäldchen vom Jenaer Institut gerade konkret Gestalt an, als das Bundesministerium für Bildung und Forschung ein groß aufgelegtes Programm zur Förderung von Umweltprojekten ausschrieb. Professor Mäder: „Das war für uns ein glücklicher Zufall und wir nutzten die Chance, eine Bewerbung einreichen zu können. Die Freude war natürlich groß, als unser Antrag für eine Förderung ausgewählt wurde.“

Von August 2014 wurde das Flora Incognita-Vorhaben als Verbundprojekt zwischen der TU Ilmenau und dem Max-Planck-Institut für Biogeochemie Jena für fünf Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) und der Naturschutzstiftung Thüringen im Umfang von

Im Flora-Incognita-Projekt arbeiten Wissenschaftler der TU Ilmenau und des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena interdisziplinär zusammen. Rechts die Initiatoren Prof. Patrick Mäder und Dr. Jana Wäldchen.

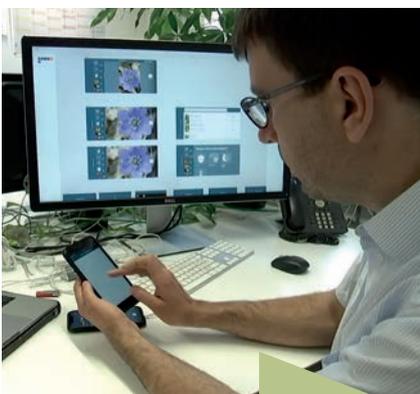


Der Systemüberblick beschreibt den Bestimmungsprozess mit der Flora Incognita-App.

rund 1,9 Millionen Euro finanziert. Die Gutachter hatten zuvor sowohl das Vorhaben und die Zusammenarbeit zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung als auch die wegweisende Symbiose von Ökologie, Biogeowissenschaften und Künstlicher Intelligenz als vorbildhaft eingestuft. BfN-Präsidentin Prof. Beate Jessel: „Die innovative Kombination aus digitaler Bestimmung- und Meldefunktion in diesem Projekt wird maßgeblich zur Verbesserung der floristischen Datenlage beitragen.“

Durchbruch mit Deep Learning

Dem innovativen Bilderkennungsverfahren der Flora Incognita-App liegt ein künstliches neuronales Netzwerk zugrunde, konkret das bekannteste seiner



Im Flora Incognita-Verbundprojekt gelang es dem Forscherteam, ein innovatives Bilderkennungsverfahren zu entwickeln, mit dem es möglich ist, rund 4800 Pflanzenarten zu unterscheiden.

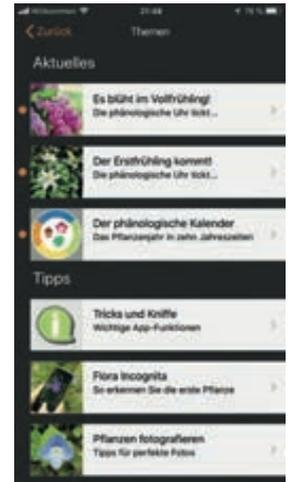
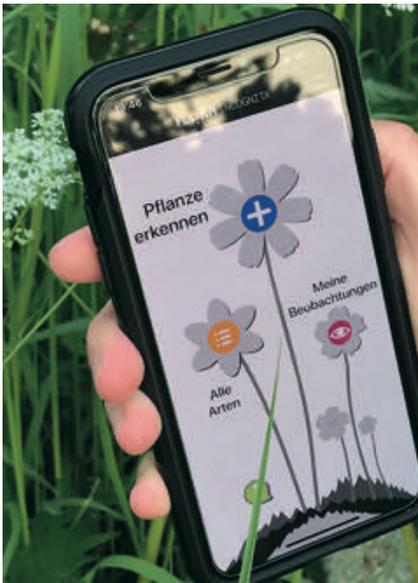
Art, das Convolutional Neural Network (CNN). Es vereint informationsverarbeitende Strukturen, deren Aufbau und Funktionsweise vom Nervensystem und speziell dem Gehirn von Wirbeltieren inspiriert sind. Ähnlich wie die Verschaltung von Nervenzellen die Grundlage für die geistige Leistungsfähigkeit des Gehirns bilden, besteht ein künstliches neuronales Netzwerk aus einer großen Anzahl informationsverarbeitender Einheiten, den Neuronen, die Informationen in Form von Aktivierungssignalen über gewichtete Verbindungen austauschen.

Der Weg zum selbstlernenden System wurde aber erst mit den so genannten tieflernenden neuronalen Netzwerken frei, die vor fünf Jahren einen Durchbruch erzielten und seither weltweit von Forschern wie den Informatikern der TU Ilmenau immer weiterentwickelt werden. Bei diesen Systemen sind Neuronen in mehreren Schichten angeordnet: einer Eingabeschicht, einer Ausgabeschicht und einer variablen Anzahl dazwischenliegender Schichten, so genannter Hidden Layers. „Die Eingabeschicht ist für die Erfassung der Rohdaten verantwortlich“, erläutert Prof. Mäder die Funktionsweise. „Die Rohdaten für unser Projekt stammen von botanischen Datenbanken von Naturschutzbehörden und Forschungseinrichtungen und wurden in unser System übernommen. Jedes Neuron dieser Schicht speichert Informationen und übergibt sie an die nächste Schicht von Neuronen und so weiter. Während traditionell maximal zwei Hidden Layers trainierbar waren,

erlauben tieflernende Netzwerke eine Vielzahl solcher Schichten effizient zu trainieren und damit die Leistungsfähigkeit des Netzwerkes dramatisch zu steigern.

Hochkomplexes Training und neue Vorlesung

Angewendet auf Bildverarbeitungsprobleme, erlernt das Netzwerk eine Hierarchie von Bildmerkmalen mit zunehmender Komplexität, beginnend mit „Low-Level-Bildkonzepten“, der Erkennung von Ecken und Kanten in der Nähe der Eingangsschicht bis hin zu „High-Level-Bildkonzepten“, der Bestimmung ganzer Blüten oder Blätter in der Nähe der Ausgangsschicht. Im Gegensatz zu traditionellen Bilderkennungsverfahren benötigen CNN keine manuellen Schritte mehr zur Erkennung und Extraktion von Merkmalen. Welche Konzepte relevant zur Unterscheidung der vorliegenden Klassen sind, lernt das Netzwerk in einem ausgedehnten und komplexen Trainingsprozess. Dafür wird unter anderem eine große Menge repräsentativer und zuverlässiger Trainingsdaten wie zum Beispiel Bilder von Pflanzen aus unterschiedlichsten Perspektiven und unter unterschiedlichsten Aufnahmebedingungen benötigt. Für die Flora Incognita-Anwendung wurden vielfältigste Architekturen tieflernender, neuronaler Netze untersucht und eine hierarchische Struktur aus mehreren solcher Netze entworfen, die mit inzwischen mehr als zwei Millionen Bildern trainiert werden. Aus den Arbeiten zum Projekt ist inzwischen eine neue englischsprachige



Vorlesung „Deep Learning“ entstanden, die im Wintersemester erstmalig angeboten wird und sich mit über 80 Teilnehmern bereits einer großen Beliebtheit erfreut.

Leichte Handhabung und höchste Genauigkeit

Allein mit dem an der TU Ilmenau entwickelten Bilderkennungsverfahren erzielt das Flora Incognita-System eine Erkennungsgenauigkeit von 83 Prozent. In mehr als 97 Prozent der Fälle befindet sich die korrekte Art unter den ersten fünf Treffern für ein Bild. Obwohl dieses Ergebnis weit über den Werten bisheriger Bestimmungsmethoden liegt, war das Forscherteam noch nicht zufrieden. „Unser Anspruch bezüglich der Erkennungsgenauigkeit war von Beginn des Projektes an deutlich höher“, blickt Dr. Jana Wäldchen zurück. „Deshalb haben wir vielfältige Studien und Experimente durchgeführt, die zeigten, dass eine situationsabhängige Aufforderung an die jeweiligen Nutzer, spezifische weitere Bilder einer unbekanntes Pflanze aufzunehmen, die Bestimmungsgenauigkeit deutlich steigert. Das haben wir dann in der Bedienung der App berücksichtigt. Eine weitere Präzisierung erlaubte die konsequente Analyse des Bestimmungsortes. Durch die Auswertung von Verbreitungsdaten, Bodenkarten und Klimadaten konnten wir für den Bestimmungsstandort einen Katalog über mehr wahrscheinlich und weniger wahrscheinlich vorkommende Arten aufstellen.“ Binnen weniger Millisekunden werden all diese Informationen in dem innovativen System verschmolzen



Bei der Langen Nacht der Technik Ilmenau 2019 konnten die großen und kleinen Gäste die Flora-Incognita-App selbst ausprobieren und mehr über die Künstliche Intelligenz dahinter erfahren.



und erlauben eine Bestimmungsgenauigkeit, die von Experten als unübertroffen bezeichnet wird.

Einzigartige Kombination

Möglich war dies auch, weil es dem interdisziplinären Projektteam gelang, scheinbar kaum beeinflussbare Herausforderungen und die damit verbundenen Fragestellungen zu lösen. So können sich bei den 4.800 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vorkommenden Pflanzenarten einzelne Individuen einer Art je nach Standort morphologisch stark unterscheiden, ebenso üblich sind aber auch visuelle Ähnlichkeiten völlig verschiedener Arten. Eine weitere Herausforderung stellen unterschiedlichste Bildaufnahmebedingungen in der Natur wie Tageszeit und Jahreszeit, aber auch die Gewohnheiten unterschiedlicher Nutzer dar. Der eine bevorzugt Detailaufnahmen, der andere dahingegen Überblicksaufnahmen. Die Kameraauflösung und Bildqualität sind vom jeweiligen Endgerät abhängig. Die Arbeiten führten zu mehreren innovativen Ansätzen sowohl in der Informatik als auch in der Botanik, die in ihrer Kombination in der Flora Incognita-App einzigartig sind.

Hohe Akzeptanz bei Laien und in Fachkreisen

Mit der konsequenten Nutzung neuester Ansätze des maschinellen Lernens in Kombination mit der heutigen ständigen Verfügbarkeit von Smartphones und Tablets ist es dem Team des Flora Incognita-Projekts gelungen, die gesamte Wertschöpfungskette einer innovativen Entwicklung von der Forschung bis zum Transfer in ein marktreifes Produkt abzubilden. Die Anwendung der Flora Incognita-App ist für den Endverbraucher ebenso interaktiv wie intuitiv und einfach: Der Nutzer fotografiert mit der Kamera des Smartphones lediglich die Blüte und gegebenenfalls ein Blatt und erhält in Sekundenschnelle einen Vorschlag zum Namen der Pflanze sowie weiterführende Informationen. Die App erlaubt somit eine leichte und sichere Pflanzenbestimmung für Menschen jeden Alters und jeden Grades an Vorwissen.

Die einfache Handhabung hat die Flora

Incognita-App inzwischen zum Erfolgsschlagwerd werden lassen. Im Frühjahr 2018 erstmals veröffentlicht und seither im Google Play-Store und Apple App-Store verfügbar, wurden bereits mehr als 820.000 Installationen verzeichnet. Mehr als 6 Millionen Beobachtungen wurden allein in den ersten 16 Monaten erstellt. Nach Einschätzung von Experten des Bundesamts für Naturschutz hat die Flora

„Die App soll helfen, Laien die Vielfalt heimischer Arten vor Augen zu führen und an die Pflanzenbestimmung heranzuführen.“

Incognita-App gar das Potenzial, „das verbreitetste Werkzeug zur Bestimmung und Kartierung der deutschen Flora zu werden und qualifiziert sich darüber hinaus für den Einsatz in Schulen, Universitäten und andern Bildungseinrichtungen.“ Diese hohe Akzeptanz freut das Entwicklungsteam sehr. Professor Mäder: „Die App soll helfen, Laien die Vielfalt heimischer Arten vor Augen zu führen und an die Pflanzenbestimmung heranzuführen. Dass genau das gelingt, zeigen die vielen tausend positiven Bewertungen und lobenden Kommentare in den App-Stores und Social Media-Plattformen. Besonders freuen wir uns darüber, dass neben der großen Anzahl von Laien auch botanische Fachkreise die App nutzen und inzwischen äußerst positiv bewertet haben.“



IM INTERVIEW

UNITITEL



PROF. PATRICK MÄDER Projektleiter Flora Incognita-App

Für den Erfolg der Flora Incognita-App war es wichtig, große Zielgruppen frühzeitig in die Entwicklung einzubeziehen. Wie ist Ihnen das gelungen?

Professor Mäder: Wir haben uns von Beginn des Projektes an darum bemüht, unsere wissenschaftlichen Ansätze, Methoden und Erkenntnisse in der Öffentlichkeit zu vermitteln und im Austausch mit der Gesellschaft zu reflektieren. Zur Bekanntgabe und Diskussion der aktuellen Entwicklungen haben wir soziale Netzwerke wie Facebook, Instagram und Twitter, aber auch eine umfangreiche Webseite mit weiterführenden Informationen und Gastbeiträgen. Bei Veranstaltungen wie der Langen Nacht der Technik in Ilmenau, der Langen Nacht der Wissenschaften in Jena oder dem Geo-Tag der Artenvielfalt waren bzw. sind wir präsent. Auf Einladung des BMBF wurde das Flora Incognita-Projekt im Rahmen des Forums für Nachhaltigkeit 2019 der wissenschaftlichen Öffentlichkeit vorgestellt. Zusätzlich zu Publikationen in internationalen Journalen sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ganzjährig auf Tagungen vertreten und werden von verschiedenen Naturschutz- und Botanik-Vereinen deutschlandweit zu Vorträgen eingeladen.

Inzwischen sind Sie schon weitere Schritte gegangen und haben eine weitere App entwickelt, mittels der Bürger selbst bei der Datenbeschaffung helfen – die Flora Capture-App. Wie funktioniert diese?

Professor Mäder: Die Genauigkeit der Bestimmung von Pflanzen hängt signifikant von einer großen Anzahl sehr gut annotierter und von Experten geprüfter Pflanzendaten ab. Um gezielt Bilder von bislang wenig repräsentierten Pflanzenarten zu erhalten, haben wir die Flora Capture App entwickelt. Mit dieser App können die Nutzerinnen und Nutzer eine Art digitales Herbarium von ihren botanischen Beobachtungen anlegen, das auf die Server der TU Ilmenau synchronisiert wird. Sie erhalten dabei kurzfristig ein Feedback über die von Experten bestimmten oder verifizierten Pflanzenarten ihrer Sammlung. Eine stetig wachsende Zahl interessierter Naturkundler unterstützt unser Forschungsteam durch die Aufnahme hochwertiger Bilder mit Standortinformationen aus definierten Perspektiven. Damit konnten wir inzwischen weit über unser ursprüngliches Ziel hinausgehen, die Flora Mitteldeutschlands zu erfassen. Mittlerweile haben wir von Nutzerinnen und Nutzern aus der ganzen Welt über 25.000 Flora Capture-Beobachtungen erhalten. Die gesammelten Daten bildeten heute bereits die Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen.

Das Projekt ist so erfolgreich, dass sich die Frage aufdrängt: Wie geht es damit weiter?

Professor Mäder: Im August 2019 startete das Anschlussvorhaben „Flora Incognita++ – Systematisches und verlässliches Monitoring der deutschen Flora als bürgerwissenschaftliche Herausforderung“. Erste Erfahrungen mit der Flora Incognita-App zeigen das Potenzial für die Dokumentation von Pflanzenvorkommen, Blühzeiträumen sowie für die Erweiterung von Artenkenntnis in der Bevölkerung. In diesem Anschlussvorhaben soll die App so weiterentwickelt werden, dass sie sich als eine Standardmethode zur Pflanzenbestimmung in Deutschland, auch für besonders schwer zu bestimmende Arten, etablieren kann. Daten sollen mit Fachverbänden und Behörden ausgetauscht werden. Eine Kombination aus datenwissenschaftlichen Methoden, Diskussionsplattform für kritische Funde und systematischer Expertenbegutachtung wird die Qualität und Präzision der aufgenommenen Funde sicherstellen und so die langfristige Dokumentation von Pflanzenvorkommen ermöglichen. Für diese Arbeiten erhalten wir bis 2024 eine Förderung in Höhe von gut 2,3 Millionen Euro.



Mehrfach prämiert

Der Erfolg der Innovation spiegelt sich auch in mittlerweile mehreren Auszeichnungen wider. Die Vereinten Nationen, die das aktuelle Jahrzehnt als UN-Dekade der biologischen Vielfalt ausgerufen haben, hat die Flora Incognita-App als offizielles Projekt der „UN-Dekade Biologische Vielfalt“ ausgewählt. Die Ehrung wird an Projekte verliehen, die sich in nachahmenswerter Weise für die Erhaltung der biologischen Vielfalt auf der Welt einsetzen.

Weiterhin wurde die Flora Incognita-App mit einem Sonderpreis des Thüringer Umweltpreises 2019 geehrt. Der Thüringer Umweltpreis des Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz würdigt den Einsatz für eine lebenswerte Umwelt und eine gesunde Natur. Ausgezeichnet werden herausragende Leistungen und Einsatz im Umweltschutz, die im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung zu ökologischen Verbesserungen beitragen.

Die App wurde darüber hinaus für den Kindersoftwarepreis TOMMI nominiert. Der Preis ist eine Auszeichnung für Kindersoftware, sowohl Lernsoftware als auch PC- und Konsolenspiele. Er wird seit 2002 auf der Frankfurter Buchmesse verliehen. Jüngstes Beispiel für die Anerkennung der erfolgreichen Arbeiten des einrichtungsübergreifenden Forscherteams ist die Nominierung für den Thüringer Forscherpreis.



Die Sicht von Außen



UMWELTMINISTERIN ANJA SIEGESMUND

Flora Incognita ist ein hervorragendes Beispiel dafür, wie in Thüringen Digitalisierung, Innovation und Naturschutz zusammenpassen. Ich bin froh, dass wir eine so praxistaugliche App haben, die aufklärt und staunen lässt. Wir haben hier eines der artenreichsten Bundesländer und die Schönheit unserer Landschaften begeistert mich immer wieder. Viele Thüringerinnen und Thüringer sind der Natur und den heimischen Tier- und Pflanzenarten sehr verbunden. Ich bin überzeugt: Was wir kennen, wollen wir schützen und bewahren.

Die App hilft dabei, sicher auch an Schulen und Universitäten – und weit über Thüringen hinaus. Herkömmliche Pflanzenbestimmungsmethoden über Nachschlagewerke sind auch sehr schön, aber für den botanischen Laien umständlich und schwierig. Da inzwischen fast jeder und jede ein Smartphone besitzt hat das Forscherteam der TU Ilmenau in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut Jena die Chance genau richtig erkannt. Ich bin schon längst Fan der App und empfehle sie weiter. Einfach mit der Kamera des Smartphones Blüte oder Blatt, Baum oder Strauch fotografieren und in Sekundenschnelle liegt der Name vor. Es ist toll, wie das Kamerabild sekundenschnell mit rund 2 Millionen Pflanzenbildern abgeglichen wird. Und gemeinsam entsteht ein immer besserer Datensatz, denn die erfassten Arten werden zusätzlich an zentrale Datenbanken übermittelt und stehen zukünftig Behörden und Forschungseinrichtungen zur Verfügung. Die Zahlen sprechen für sich: Die App ist kostenfrei und wurde bereits mehr als 800.000 im In- und Ausland installiert. Mehr als 6 Millionen Beobachtungen wurden seit Frühjahr 2018 erstellt.

Deshalb: Das „Flora Incognita++“-Projekt wird seit Anfang August 2019 über das Bundesprogramm Biologische Vielfalt durch das Bundesumweltministerium und das Thüringer Umweltministerium weiter gefördert, um es fortzusetzen und weiterzuentwickeln. Ich wünsche den Macherinnen und Machern von Flora Incognita und allen Nutzerinnen und Nutzern weiterhin viel Spaß – beim Weiterentwickeln und in der Natur.

