

TRANSFER

- 
- 3 **Lebensmittel** | Saftgewinnung aus enzymatisch geschälten Orangen ...
 - 4 **Biotechnologie** | Neue Wege zur Produktion hochwertiger Substanzen ...
 - 5 **Facility Management** | Energiemanagement als Herausforderung ...
 - 6 **Angewandte Simulation** | Zukünftige Bestimmungsschlüssel denken mit ...
 - 7 **Umwelt** | Gräser leicht bestimmen mit iPhone App ...
 - 8 **Chemie** | Synthese und Spektroskopie kleiner chiraler Moleküle ...

Zukünftige Bestimmungsschlüssel denken mit



Prof. Dr. Thomas Ott,
Leiter F&E Bioinspiriertes
Computing, IAS,
thomas.ott@zhaw.ch



Prof. Dr. Bertil O. Krüsi,
Dozent Vegetations-
analyse, IUNR,
bertil.kruesi@zhaw.ch

Die Logik von traditionellen Bestimmungsschlüsseln für Pflanzen und Tiere verzeiht keine Fehler. Eine falsche oder fehlende Angabe und die Bestimmung misslingt. Vor diesem Hintergrund und dank der Möglichkeit von Smartphones und Tablets sind wir daran, die Welt der Bestimmungsschlüssel zu revolutionieren mit Algorithmen, die mit den Benutzern lernen und ihnen dabei auch unsichere oder gar falsche Angaben zugestehen.

Die menschliche Bestimmungslogik ...

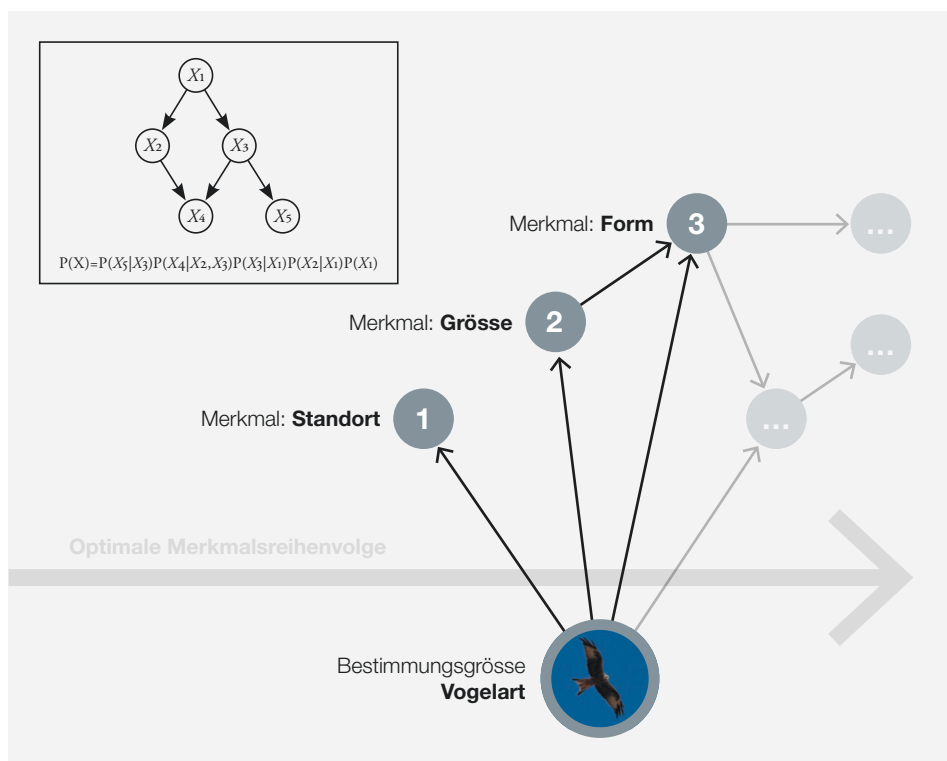
Wenn wir Menschen im Alltag Objekte bestimmen, beispielsweise Tiere oder Pflanzen, ist die Bestimmungslogik deutlich verschieden von der eines traditionellen, dichotomen Bestimmungsschlüssels. Kreist zum Beispiel über uns ein Vogel, sagen wir ein Rotmilan, so erkennen wir schnell an leicht erkennbaren Merkmalen wie der Art des Flugs, der Form und der Grösse, dass es wahrscheinlich ein Raubvogel

ist. Weiter schliessen wir aufgrund des Beobachtungsortes unwahrscheinliche Arten (ein Adler im Mittelland!) aus. Dann wählen wir gezielt entscheidende Merkmale aus, wie die Schwanzform, um unsere Bestimmung abzuschliessen. Nach wenigen Entscheidungen ist der Vogel mit grosser Sicherheit bestimmt. Die Bestimmung resultiert also aus einem intelligenten Mix aus dem Einbezug von Vorwissen, Wahrscheinlichkeitsannahmen und zielgerichtetem Fragen und nicht aus einem sturen Abarbeiten vieler Fragen in einem Bestimmungsbaum.

... und adaptive Bayessche Netze

In unserer Zusammenarbeit haben wir die konzeptuelle Grundlage gelegt, um den effektiven und effizienten menschlichen Bestimmungsprozess für Bestimmungsschlüssel algorithmisch zu imitieren. Das Schlüsselkonzept heisst adaptive Bayessche Netze. Bayessche Netze sind mathematische Modelle für wahr-

scheinlichkeitsbasierte Entscheidungen. Sie erlauben, bereits vorhandenes Vorwissen zum Bestimmungsort etc. bei der Bestimmung zu berücksichtigen und Aussagen mit Wahrscheinlichkeiten zu gewichten. Als Resultat erhält man eine Reihenfolge der möglichen Bestimmungsergebnisse, geordnet nach der Trefferwahrscheinlichkeit. Bei genügend korrekten Angaben gewinnt eindeutig das richtige Resultat, doch selbst bei einigen falschen Angaben ist es noch wahrscheinlich, dass die richtige Lösung die Liste anführt. Aufbauend auf diesen Grundstrukturen arbeiten wir im Moment an Algorithmen, die die Struktur der Netze adaptiv ändern und es erlauben, einfach zu beobachtende oder besonders zielführende Merkmale zuerst abzufragen. Dabei wird einerseits die Reihenfolge der Merkmale während des Entscheidungsprozesses laufend optimiert. Andererseits wird aus dem Antwortverhalten jeder Benutzerin eine optimale individuelle Reihenfolge erlernt.



Bayessche Netze repräsentieren die Kausalstruktur der Merkmalsausprägungen von Bestimmungsgrössen mit Wahrscheinlichkeiten. Ziel ist es, die Bestimmungsgrösse (Vogelart) aus möglichst wenig Merkmalsbestimmungen abzuleiten.

Umsetzung und Ausblick

In einer rudimentären Form wurde die Idee der adaptiven Bayesschen Netze im iGräser App bereits umgesetzt. Das Potential unserer Bestimmungsalgorithmik geht aber über das bisherige Projekt hinaus und gibt Anstoss zu weiteren spannenden Entwicklungen. Konkrete Weiterentwicklungen für ein iGräserPlus sind:

- Optimierung: laufende Anpassung der Merkmalsreihenfolge nach Diskriminanzkraft
- Individualisierung: Adaption der Reihenfolge der Merkmale an individuelle Vorlieben bzw. Bedürfnisse des Benutzers (individuelle Benutzerprofile)
- Unterstützung: Intelligente Benutzerführung mit Fragen, die mit «Ja», «Ich weiss nicht», «Nein», «Wahrscheinlich» oder «Wahrscheinlich nicht» beantwortet werden können und die vom System gegebenenfalls wiederholt werden (z.B. wenn die Antwort auf eine von zehn Fragen nicht ins Gesamtbild passt; Prinzip Akinator).