Modellierung raumbezogener Ereignisse mit künstlichen neuronalen Netzen

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Förderkennzeichen: IW072061

Silke Noack, Evelyn Bennewitz, Dr. Andreas Barth, Dr. Alexey Irkhin, Dr. Claus Legler, Bernd Torchala, Dr. Thomas Hertwig

Gliederung

1. Motivation
2. Lösungsansätze
3. Künstliche neuronale Netze
4. Anwendungsbeispiel: Bodenerosion
5. Software advangeo® Prediction Software
6. Zusammenfassung

Motivation

Wo findet ein Ereignis statt?

Wo finde ich eine Lagerstätte?

Einflussfaktoren?

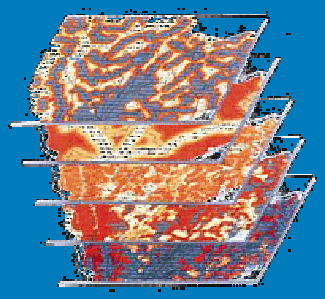
Wahrscheinlichkeit des Auftretens?

Erwartete Größenordnungen, z.B. der Bodenverlagerung?

Schritte der Datenanalyse

Eingangsinformation = potentielle Einflussfaktoren

z.B. Bodentypen, Geländeeigenschaften, Geologie



Unser Wissen

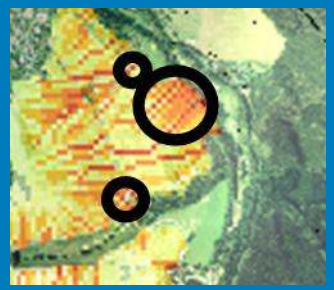
bekannte Ereignisse, Zusammenhänge

Möglichkeiten der Datenanalyse

analytische oder **statistische** Lösungansätze

Anwendung des Modells

Prognosekarte



Modellierungsansätze

Analytischer Ansatz: mathematische Modellierung

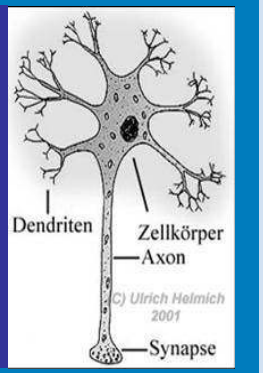
E = f (a,b,c,d,g,...)

- Verständnis der Zusammenhänge
- Felduntersuchungen, Modellkalibrierung
- Kosten + Zeitaufwand: hoch
- Viele, in der Realität oft nicht verfügbare Daten notwendig

Statistischer Ansatz: z.B. Regression, Diskriminanzanalyse, …

Künstliche neuronale Netze

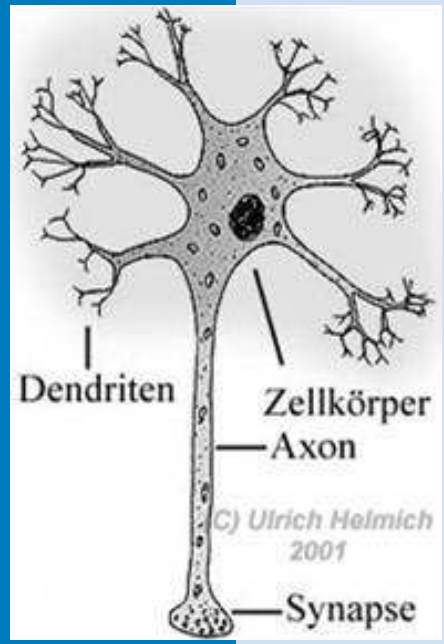
Analyse von komplexen, nichtlinearen Zusammenhänge möglich



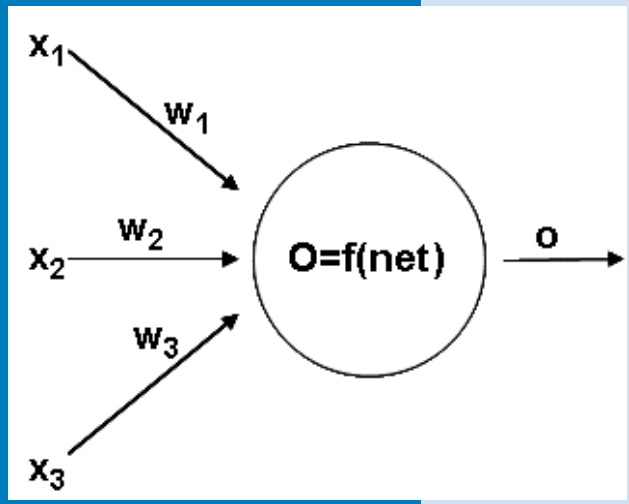
beak CONSULTANTS

Vorbild Natur

- Funktionsweise: dem biologischen Nervensystem nachempfunden
- besteht aus Nervenzellen (Neuronen)
- Simulation der biochemischen Prozesse durch geeignete Rechenoperationen



→ künstliche Neuronen dienen als „Prozessoren“

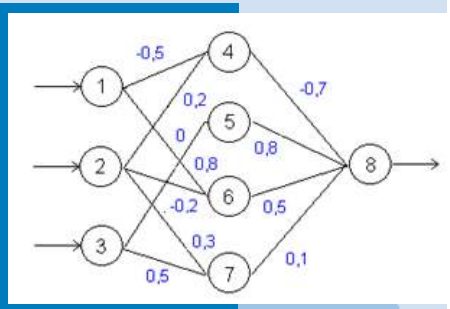


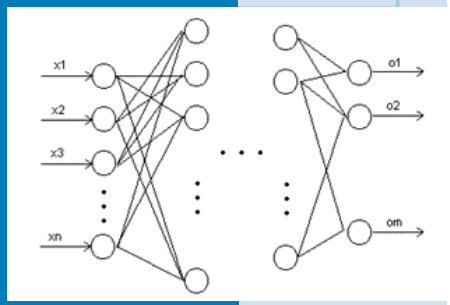
MLP: Wichtige Parameter

Verwendetes Netzparadigma

MLP → Multi Layer Perceptron

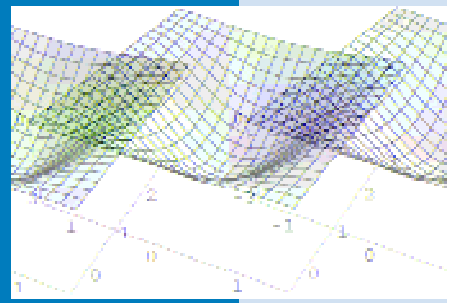
- schichtweise Organisation der Neuronen
- Verbindungen zwischen den Neuronen: gerichtete Gewichte w_x, werden trainiert





Netztopologie

- Richtung + Grad der Verbindungen
- Anzahl der verdeckten Schichten + Neuronen

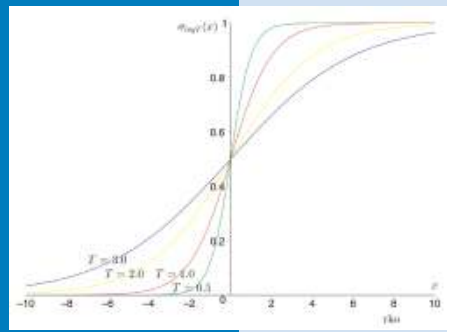


Lernalgorithmus

- Backpropagation-Algorithmus und Derivate

Aktivierungsfunktion

- differenzierbar, oft Sigmoidfunktion



Wie lernt das Netz?

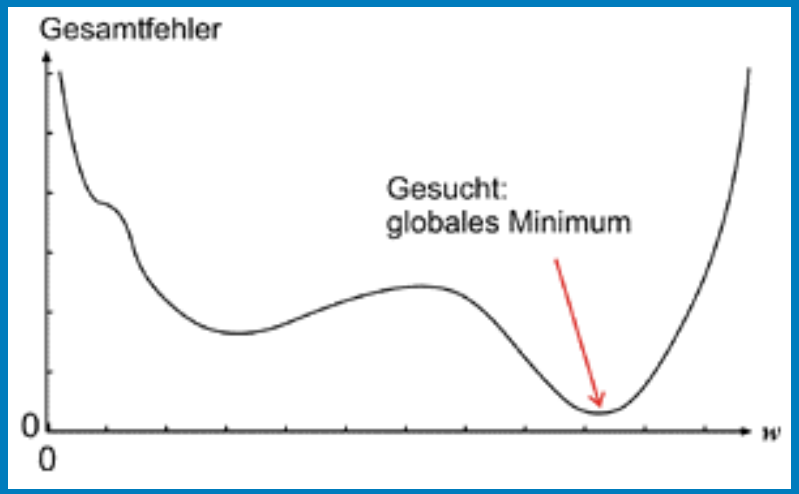
Wiederholte Eingabe des Trainingsmusters

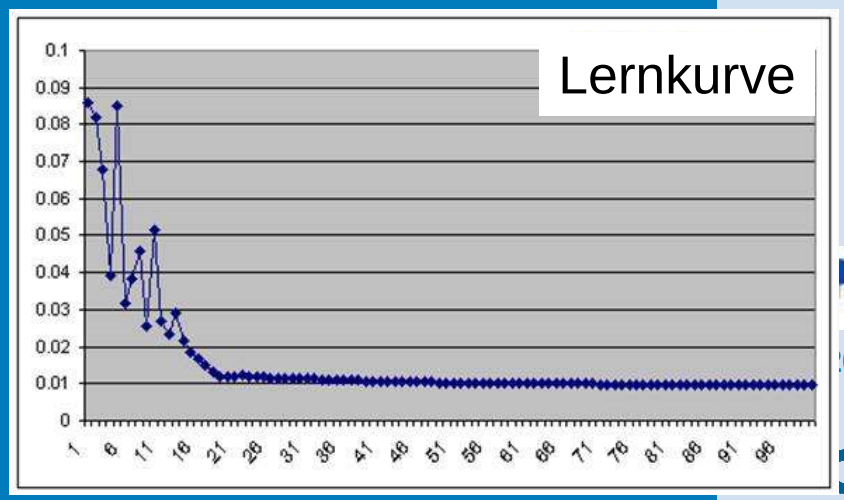
↓

Modifizierung der Gewichte

↓

Ziel:
Minimierung des Fehlers zwischen erwarteter und tatsächlicher Ausgabe des Netzes





CONSULTANTS

Vor- und Nachteile

Vorteile

- lernfähig
- generalisierungsfähig
- arbeiten mit verfügbaren Daten
- erlauben qualitative und quantitative Analysen

Nachteile

- Black-Box
- teilweise schwierige Parametrisierung
- datenabhängig lange Lernzeiten

Praxistest: Prognose von Bodenerosion durch Wasser

Eckdaten

Bearbeitungsgebiet
Einzugsgebiet der Weißeritz, Sachsen (Deutschland)

Verfügbare Datenebenen
DGM, Bodenkonzeptkarte, ATKIS-Nutzungsdaten

Bekannte Ereignisse
Orthofotos mit Erosionserscheinungen
(2002 nach Augusthochwasser aufgenommen, Quelle Sächs. LVermA)

Unser Wissen über Zusammenhänge
Einflussfaktoren

Datenaufbereitung

- Erfassung von Erosionsflächen aus den Orthofotos als Trainingsmuster

- Erstellen der Modelleingangsinformationen im Rasterformat
- Resampling zur Verfeinerung der Raster (5 Meter)

- Skalentransformation:
  - Metrisches Skalenniveau: Transformation auf Wertebereich [0..1] bzw. [-1..1]
  - Nominales Skalenniveau: Binäre Codierung

KNN-Parameter

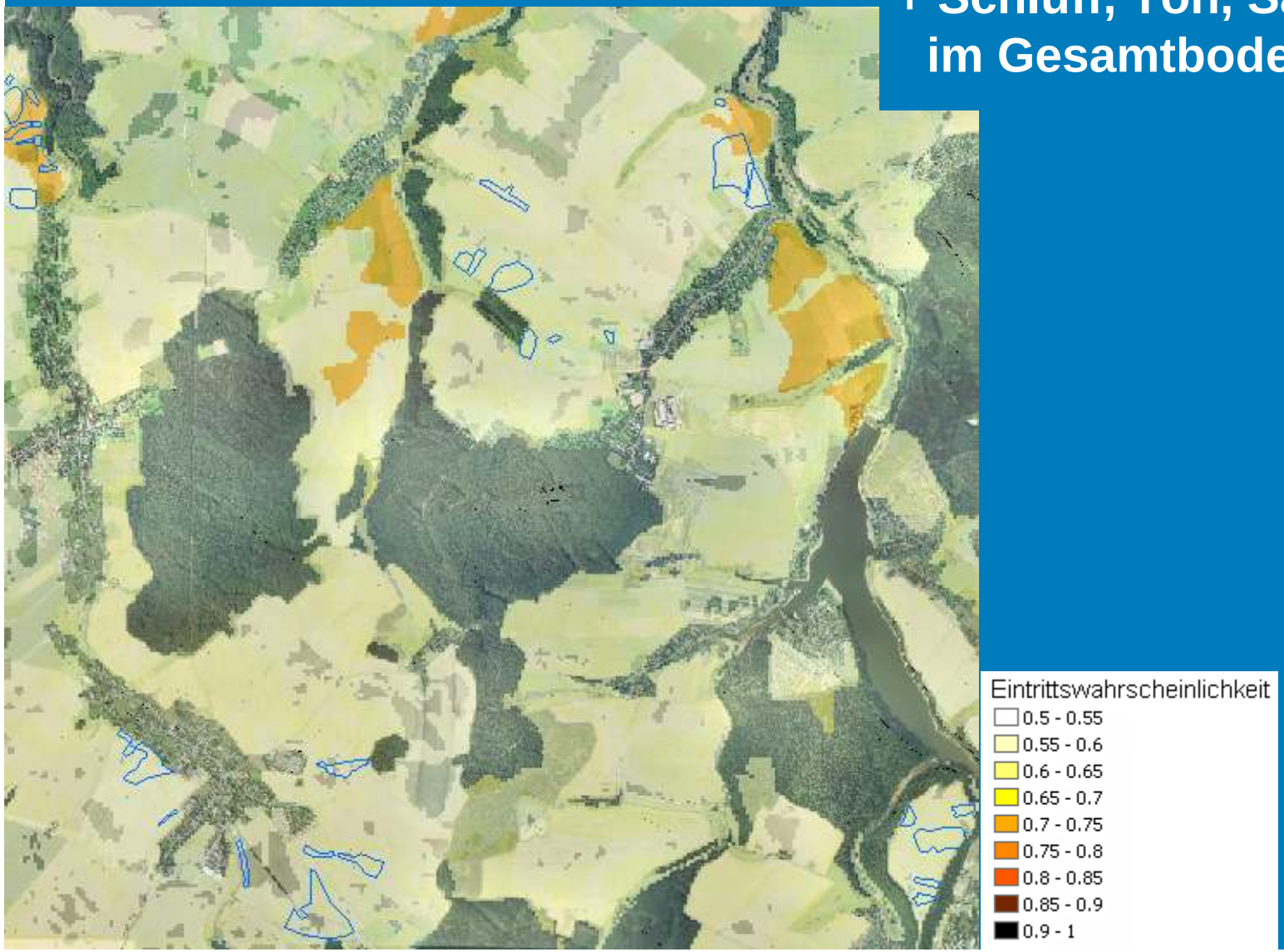
- Multilayer-Perceptron: Feedforward-Netz
- Lernalgorithmus: RPROP = Abwandlung des Backpropagation-Algorithmus
- Aktivierungsfunktion: Sigmoidfunktion (logistische Funktion)

Berechnung von Szenarien mit verschiedenen Kombinationen potentieller Einflussfaktoren + Parameter

Variantenvergleiche

+ Hangneigung

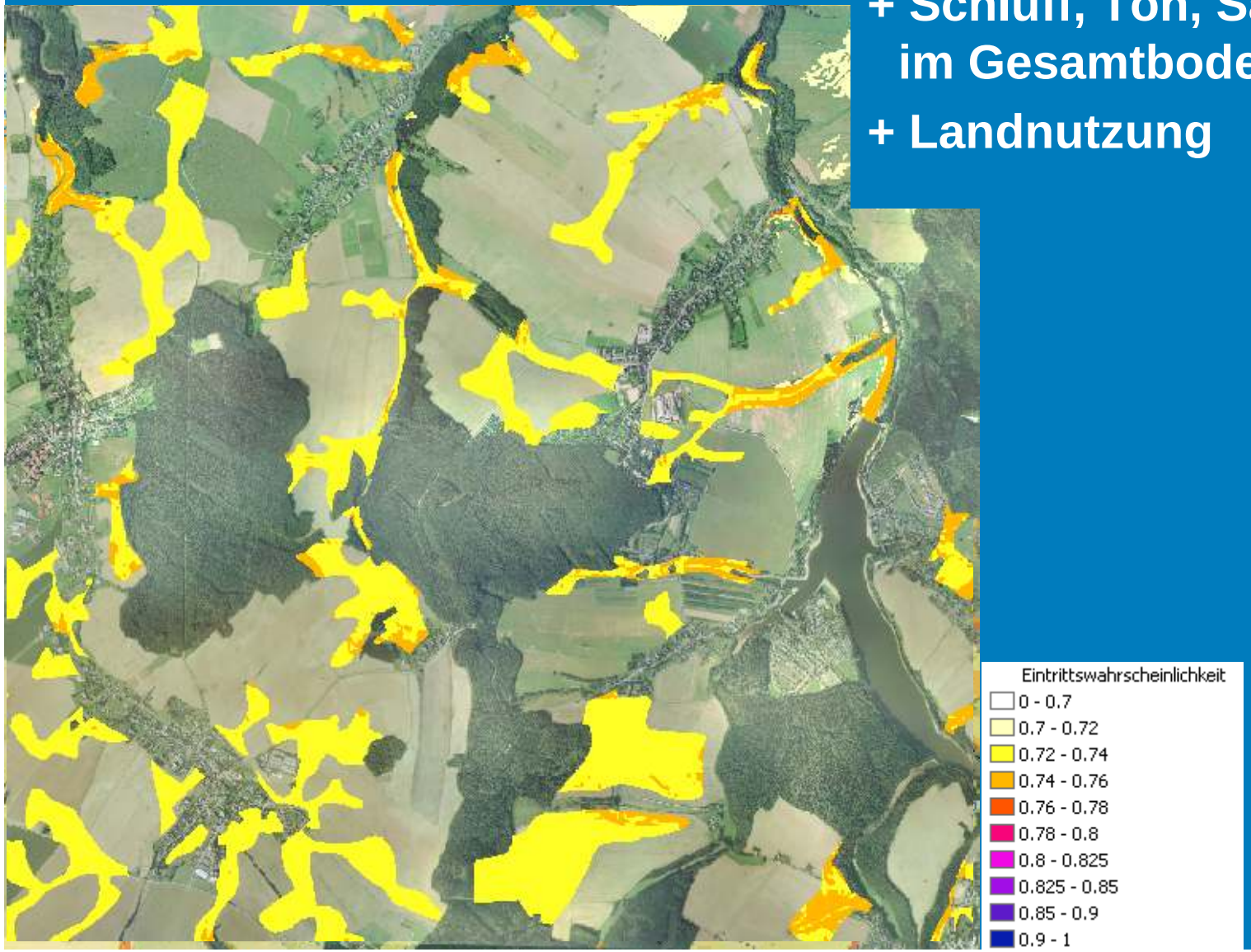
+ Schluff, Ton, Sand im Gesamtboden



IW072061

Variantenvergleiche

+ Hangneigung
+ Schluff, Ton, Sand im Gesamtboden
+ Landnutzung

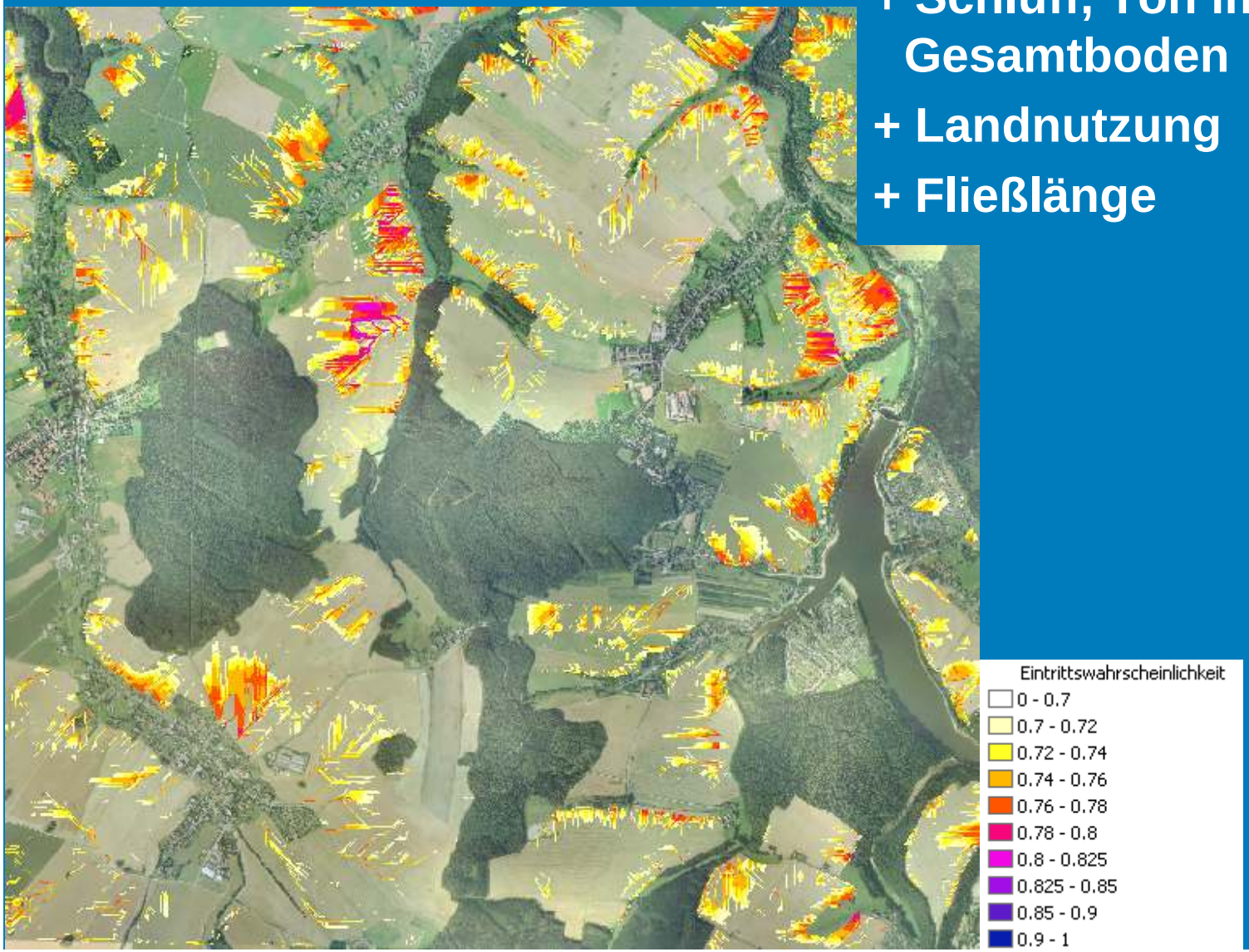


IW072061

beak CONSULTANTS

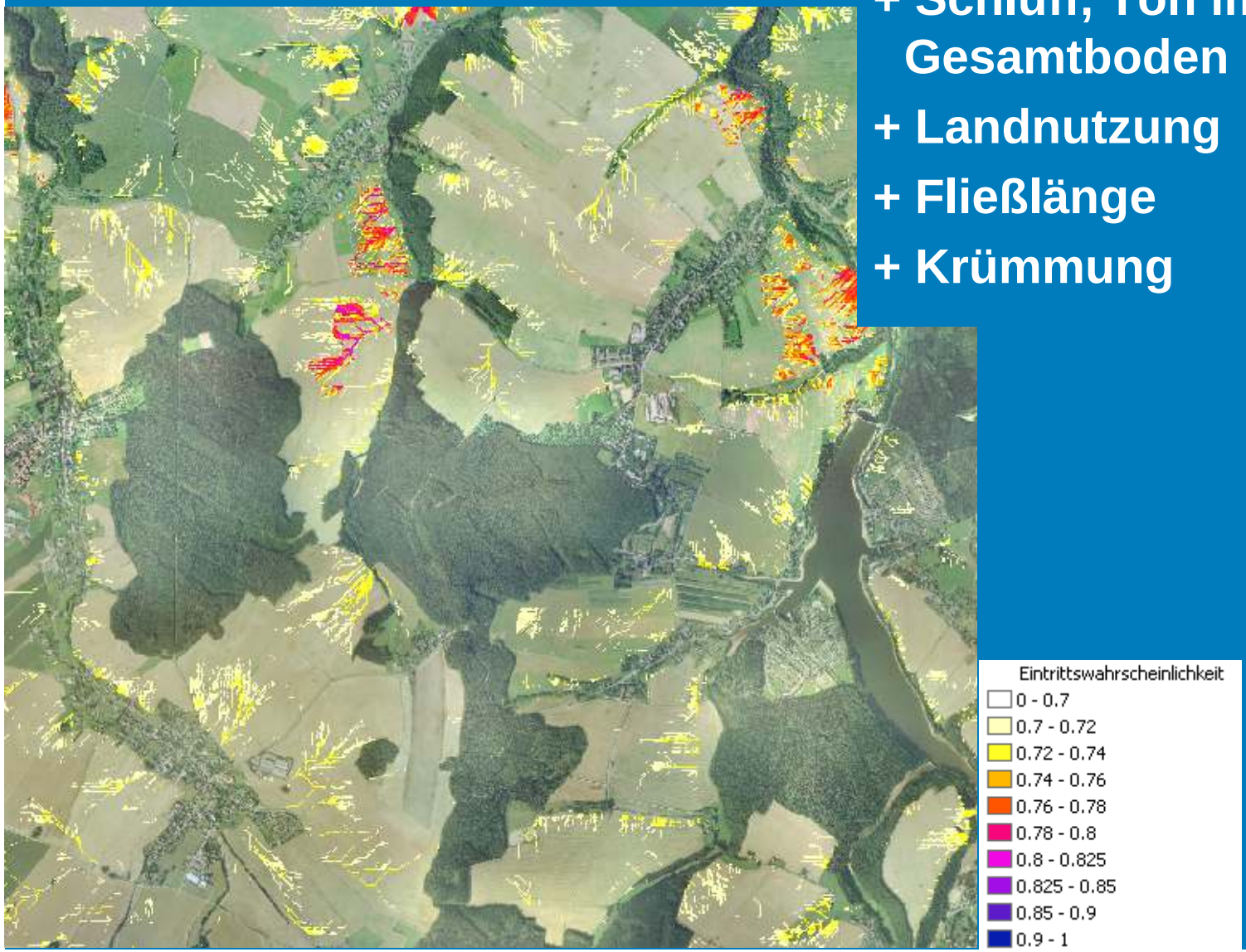
Variantenvergleiche

+ Hangneigung
+ Schluff, Ton im Gesamtboden
+ Landnutzung
+ Fließlänge



Variantenvergleiche

+ Hangneigung
+ Schluff, Ton im Gesamtboden
+ Landnutzung
+ Fließlänge
+ Krümmung

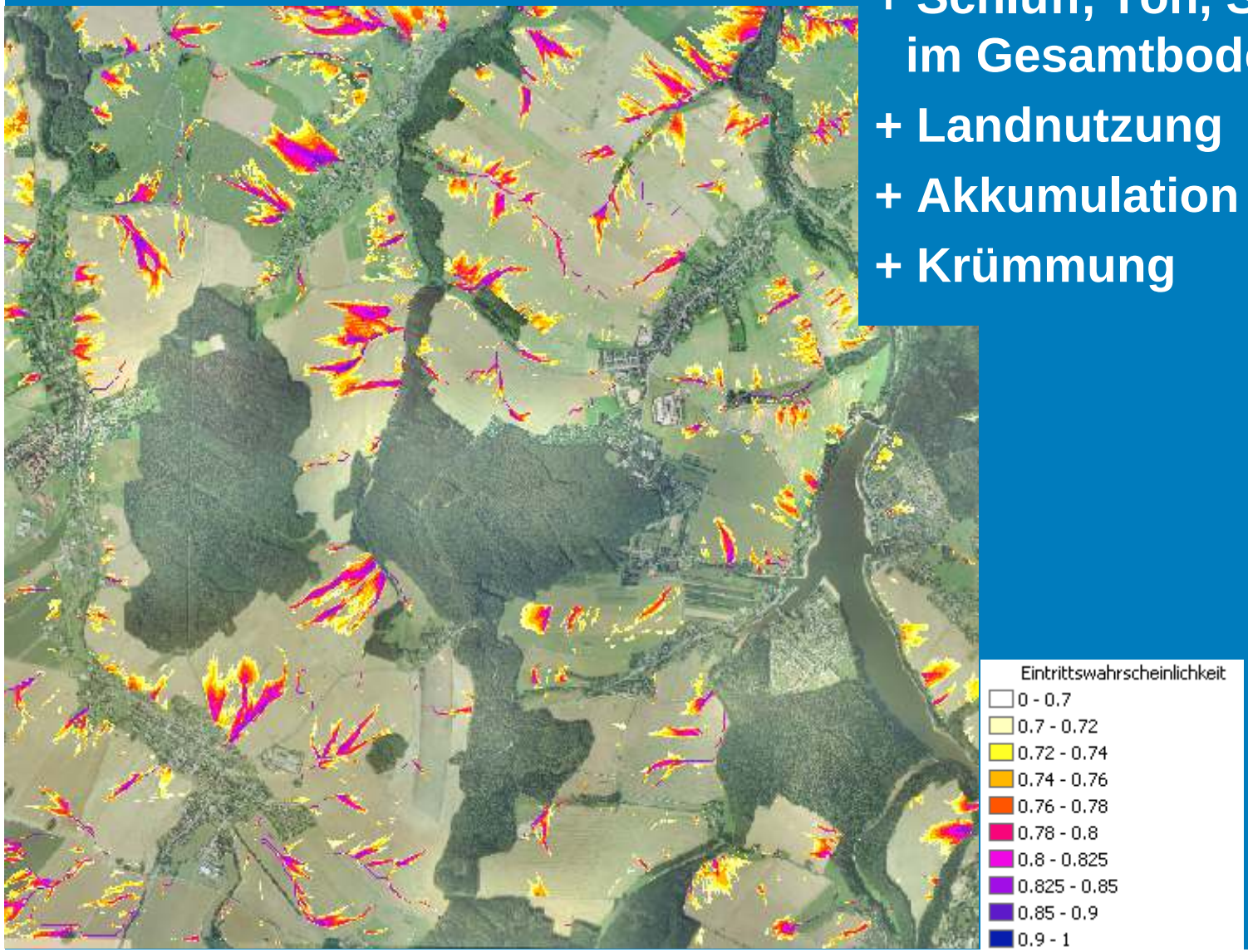


IW072061

beak CONSULTANTS

Variantenvergleiche

+ Hangneigung
+ Schluff, Ton, Skelett im Gesamtboden
+ Landnutzung
+ Akkumulation
+ Krümmung



IW072061

Netzsschema

Eingabeschicht z.B. Bodendaten, Landnutzung, DGM

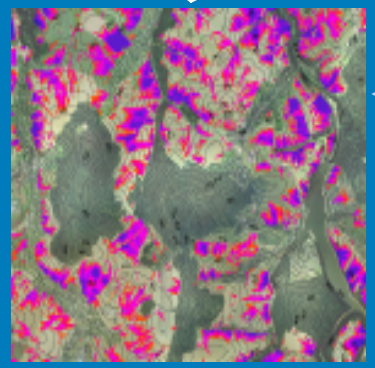
Gewichtsschicht

Verdeckte Neuronenschicht

Gewichtsschicht

Trainingsmuster
z.B. bekannte Erosionsflächen

Ausgabeschicht
=
Ergebnis



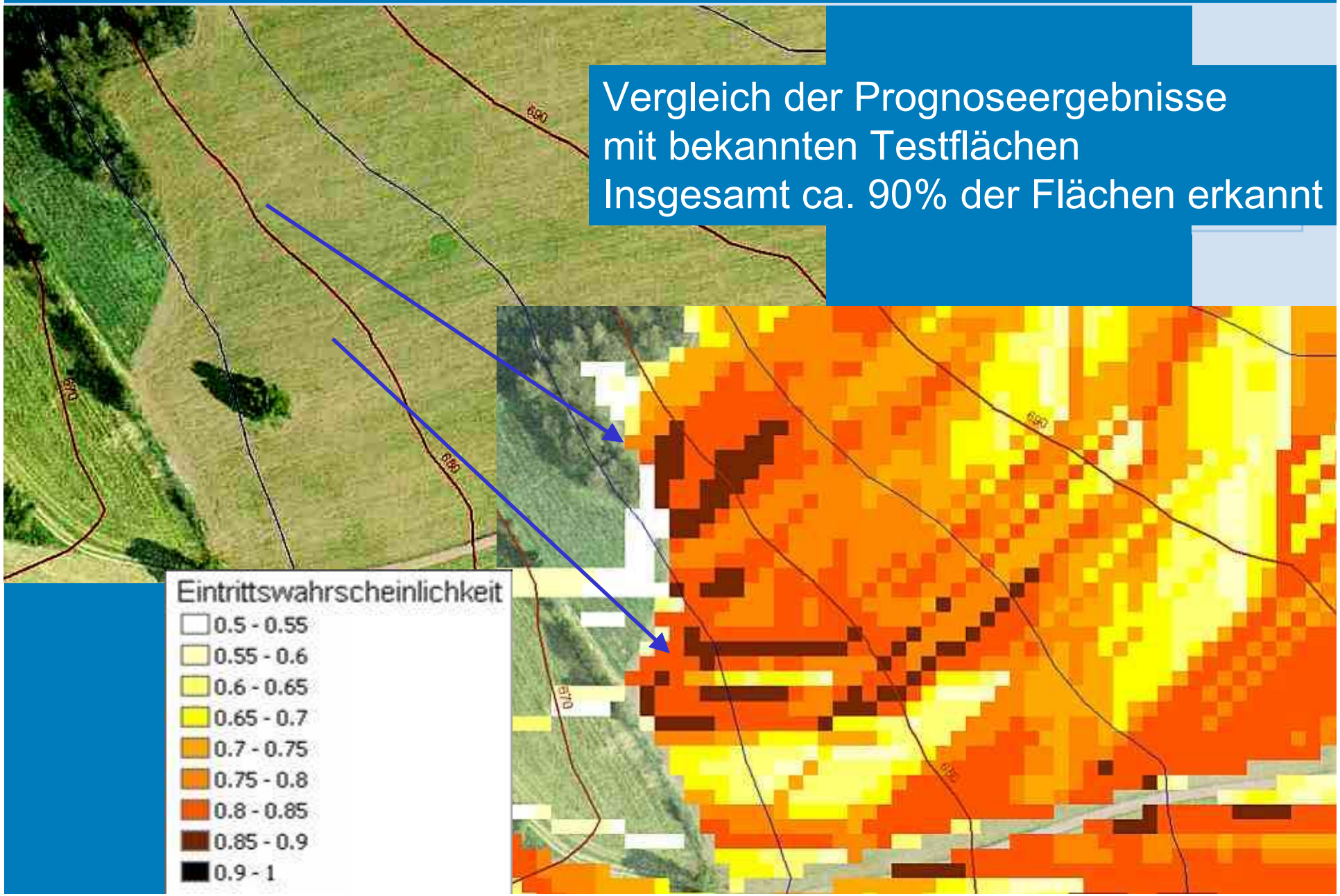
Validierung

IW072061

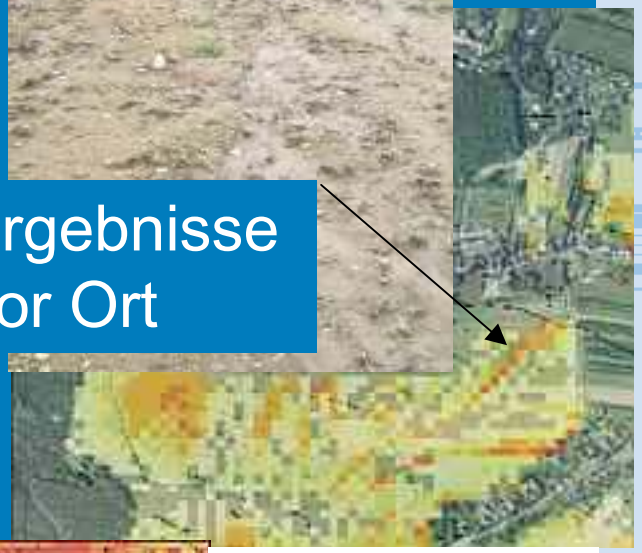
beak CONSULTANTS

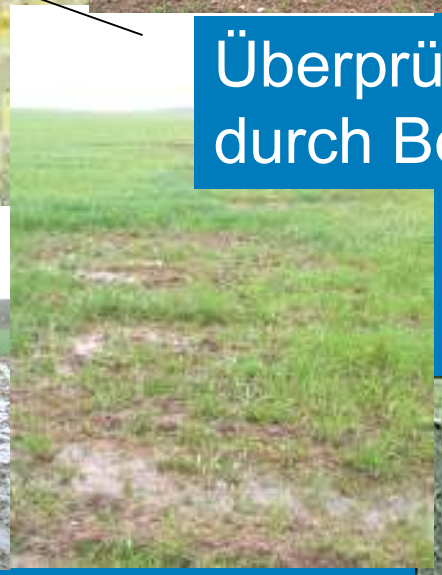
Validierung der Prognose

Vergleich der Prognoseergebnisse mit bekannten Testflächen
Insgesamt ca. 90% der Flächen erkannt



Überprüfung der Ergebnisse durch Begehung vor Ort





Eintrittswahrscheinlichkeit

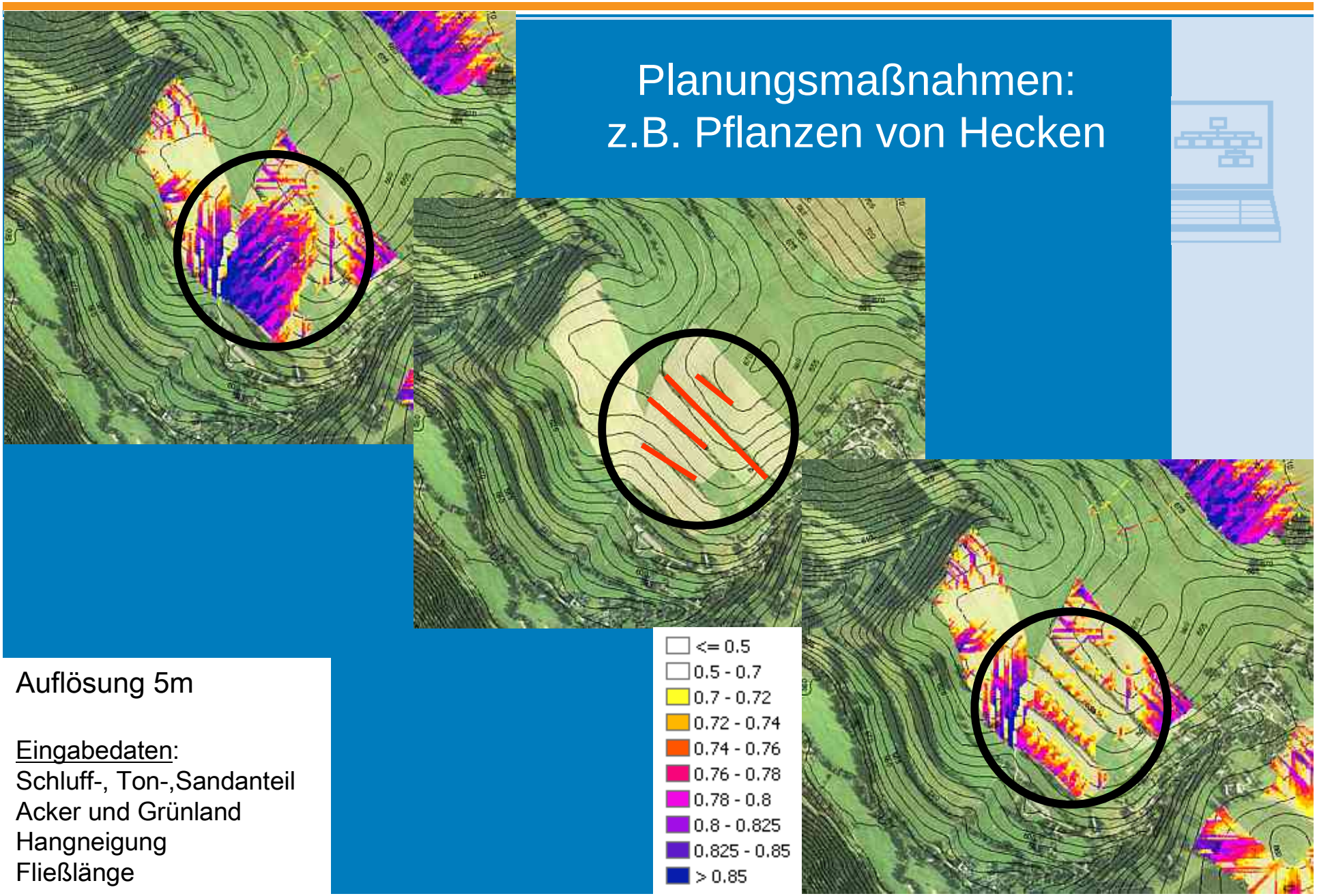
- 0.5 - 0.55
- 0.55 - 0.6
- 0.6 - 0.65
- 0.65 - 0.7
- 0.7 - 0.75
- 0.75 - 0.8
- 0.8 - 0.85
- 0.85 - 0.9
- 0.9 - 1

IW072061

beak CONSULTANTS

Planung von Schutzmaßnahmen

Planungsmaßnahmen: z.B. Pflanzen von Hecken



Auflösung 5m

Eingabedaten:
Schluff-, Ton-,Sandanteil
Acker und Grünland
Hangneigung
Fließlänge

Software:

advangeo® Prediction Software

- Einfacher Zugang zu Methoden der künstlichen Intelligenz zur räumlichen Prognose
- Dokumentation der Arbeitsschritte
- Erfassung und Pflege von Metadaten für Geodaten
- Werkzeuge zur Datenvorbereitung, Datennachbereitung und kartographische Darstellung
- Integration in Standard GIS-Software

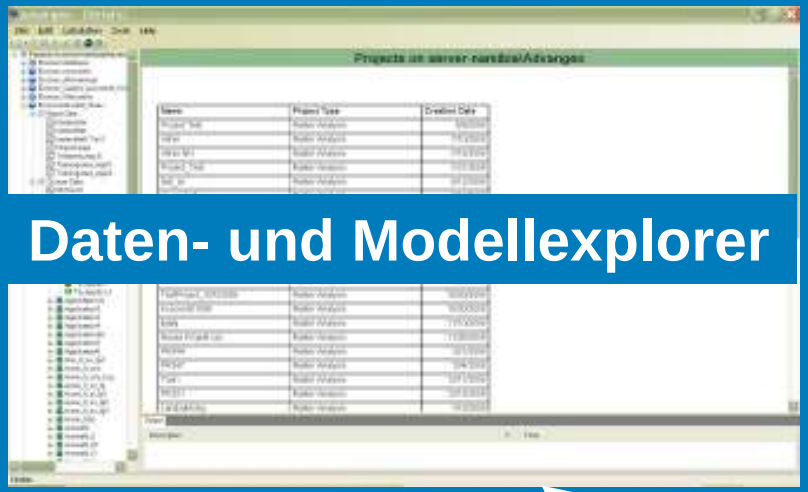
ESRI ArcGIS

beak CONSULTANTS

Arbeitsschritte

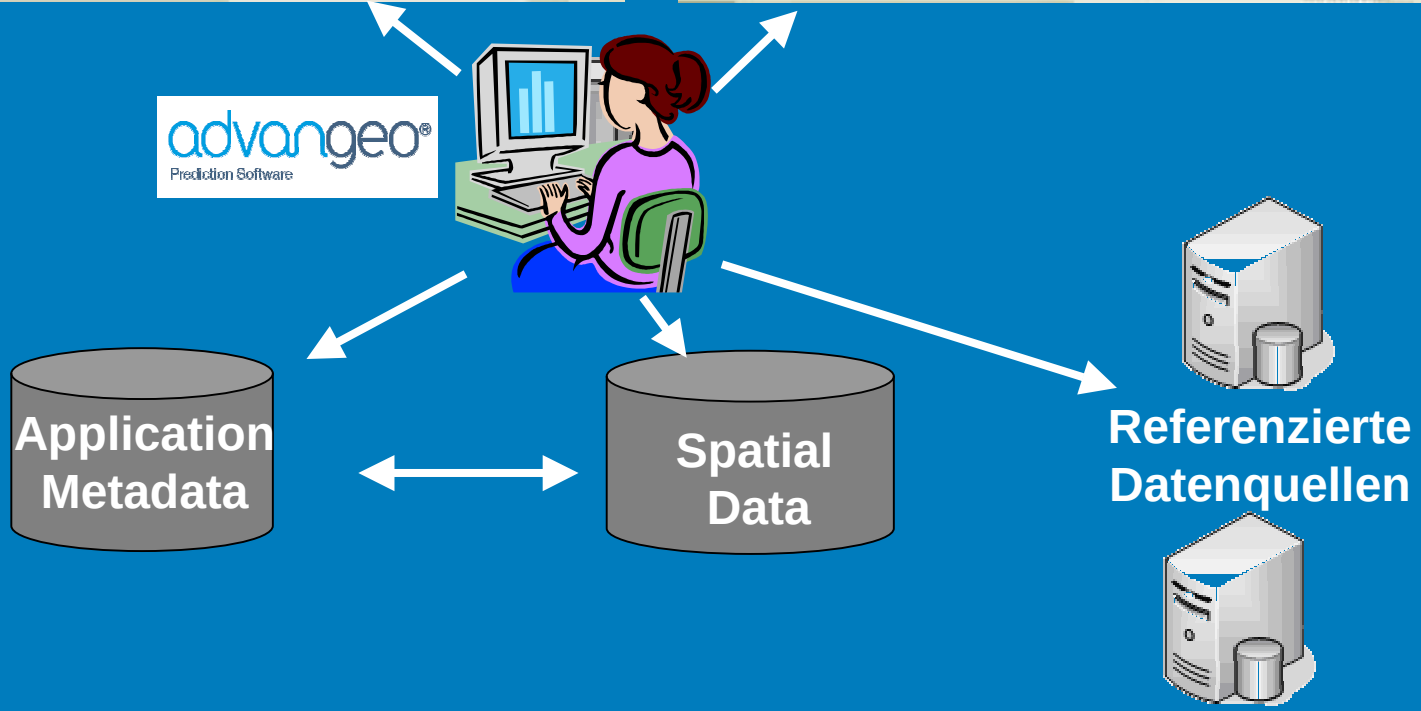
1. **Formulierung der Aufgabenstellung**
2. **Abgrenzung des Modellgebiets**
3. **Zusammenstellen der Datengrundlagen**
4. **Datenaufbereitung** (datentechnisch, fachlich)
5. **Statistisches Preprocessing** (z.B. Skalentransformationen)
6. **Aufbau und Berechnen der Modellszenarien**
7. **Darstellung der Prognoseergebnisse**

Komponenten



Daten- und Modellexplorer

GIS Extension



IW072061

Universelle Anwendbarkeit

Anwendungsfälle denkbar in den verschiedensten Bereichen der Wirtschaft, Wissenschaft und Technik

- Umweltschutz
- Georisikovorhersage
- Geologie / Rohstoffwirtschaft
- Hydrogeologie/ Wasserwirtschaft
- Versicherungswesen
- Gesundheitswesen
- usw.

Zusammenfassung

- Neuronale (MLP-) Netze sind zur Analyse und Prognose räumlicher Probleme geeignet.

- Mit einem moderaten Aufwand an Datenaufbereitung und Berechnungszeit können gute Ergebnisse erzielt werden.

- Die Software advangeo® macht diese Vorteile für den (ESRI-) GIS-Anwender komfortabel nutzbar.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

advangeo® Prediction Software

Macht mehr aus Ihren Daten.

- Wir freuen uns auf viele interessante Projekte.
- Wir suchen Partner und Anwendungsfälle.
- Selbstverständlich können Sie die Software auch kaufen.

Produktpräsentation:

heute, ca. 16.50 Uhr im EXPO Foyer

Besuchen Sie uns an unserem Stand (22).

IW072061

beak CONSULTANTS