

# GIS ALS INSTRUMENT FÜR FORSCHUNG UND PRAXIS IN DER LANDWIRTSCHAFT

Andreas SCHAUMBERGER<sup>1</sup>

## GIS AS A TOOL FOR AGRICULTURAL RESEARCH AND PRACTISE

### ABSTRACT

A good portion of our data is spatiotemporal related, especially in context of agricultural land use. The best way to manage this information is the usage of a Geographic Information System (GIS). A GI-System cannot be reduced only to software but consists of additional components like hardware, data, procedures, and, of course, the people with know-how to operate that. The main part of GIS is geo-data. There are different types of data models for abstracting the real world entities regarding the needs of certain applications. Depending on these models suitable procedures can be applied in order to get new insights in spatial coherences of different topics. Splitting of data in layers each with homogeneous objects for horizontal (one layer) and vertical (multiple layers) analysis of data is a typical approach of GIS. Applications for agriculture mainly concern documentation and visualisation of information about cultivation. Middle and large scaled farms use precision farming for improving their economical success with positive impact on ecology. Agricultural research provides a huge range of applications. One of them is shown as an example at the end of this paper which should illustrate the practical work on GIS.

### 1. EINLEITUNG

Geographische Informationssysteme (GIS) haben in den letzten Jahren, bedingt durch den technologischen Fortschritt, enorm an Bedeutung gewonnen. In vielen Bereichen und somit auch in der Landwirtschaft werden diese Systeme zur Verarbeitung von Informationen eingesetzt, welche einen konkreten Bezug zum uns umgebenden Raum aufweisen. Sie schaffen damit die Möglichkeit, die Umwelt besser zu verstehen und oft komplizierte Zusammenhänge durch geeignete Maßnahmen der Vereinfachung erkennen zu können.

*„Almost everything that happens happens somewhere. Knowing where something happens can be critically important.”* (LONGLEY et al., 2005) Beispielsweise können die Fragen nach dem “WO ist WAS?” und “WAS ist WO?” unter anderem mit Hilfe von GIS als Entscheidungsinstrument beantwortet werden.

Vielfach wird GIS mit Software gleichgesetzt, damit jedoch auf lediglich eine, wenngleich auch wichtige, Systemkomponente reduziert. Ein System definiert sich aus dem Zusammenwirken seiner Komponenten, was natürlich auch auf GIS zutrifft. Diese Komponenten können zusammengefasst so beschrieben werden: auf einer geeigneten Hardware-Umgebung wird GIS-Software mit Hilfe definierter Methoden und Prozeduren von entsprechend ausgebildeten Personen zur Bearbeitung von Daten, oft im Verbund

---

<sup>1</sup> Mag., Agricultural Research and Education Centre (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein, Altirdning 11, A-8952 IRDNING, email: andreas.schaumberger@raumberg-gumpenstein.at

eines Netzwerkes eingesetzt und damit geographische Informationsverarbeitung realisiert (LONGLEY et al., 2005).

Das Konzept eines GIS folgt ganz allgemeinen Grundsätzen. Daten bilden die Basis jeder Information – sie stellen eine unstrukturierte Beschreibung eines Sachverhaltes oder Objektes ohne semantische oder anwendungsrelevante Aspekte dar. Information entsteht erst durch Strukturierung und Zuordnung von Semantik und Relevanz, die dann für einen bestimmten Empfänger sinnvoll interpretierbar ist. Durch Kombination und Vergleich von Einzelinformationen kann letztlich Wissen generiert werden. Wissen dient der Entscheidungsfindung, der wichtigste Grund, warum wir überhaupt GIS für die Lösung von Problemen einsetzen, welche einen orts-, lage-, raum- und/oder zeitbezogenen Charakter aufweisen (BARTELME, 2000).

Ein Beispiel soll den Zusammenhang von Daten, Information und Wissen verdeutlichen. Betrachten wir den Text, den Sie gerade lesen. Die einzelnen Buchstaben oder Worte sind mit Daten vergleichbar, die für sich alleine betrachtet keinen Sinn ergeben. Erst indem sie nach bestimmten syntaktischen Regeln zu Worten bzw. Sätzen verbunden werden, wird daraus Information, die Sie als Empfänger erreicht und die Sie auch interpretieren können. Wenn Sie diesen Text fertig gelesen haben und alle Informationen berücksichtigen, sind Sie unter Umständen in der Lage, den Fachbereich GIS leichter einzuordnen und auch zu entscheiden, ob diese Technik für Sie und Ihren Aufgabenbereich relevant ist oder nicht. Sie haben damit Wissen generiert.

In Analogie zu diesem Beispiel wird ausgehend von Geodaten durch geeignete Methoden von Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung Information erzeugt, die dem Anwender ermöglicht, Wissen zur Lösung seiner Probleme zu gewinnen. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die wichtigsten Konzepte raumbezogener Datenverarbeitung in der genannten Abfolge und in möglichst kompakter Form darzustellen und damit einen ersten Zugang zum Instrument GIS auch für landwirtschaftliche Fragestellungen zu schaffen.

## **2. GEODATEN – DER MOTOR EINES GIS**

Ohne Daten kein GIS. Dieser Grundsatz hebt die zentrale Bedeutung von Geodaten unter den GIS-Komponenten deutlich hervor. Alle Bearbeitungsschritte im GIS basieren auf Daten, welche Ausschnitte der realen Welt mehr oder weniger abstrakt, d.h. modellhaft im Computer repräsentieren. Der Abstraktionslevel hängt in erster Linie von der beabsichtigten Anwendung ab. In einer kleinmaßstäbigen Karte wird beispielsweise ein landwirtschaftlicher Betrieb lediglich als Punkt repräsentiert. Hier könnte die Fragestellung lauten: Wie viele Betriebe gibt es in einer Region und wie sind sie verteilt? Betrachten wir einen größeren Maßstab und wollen die räumliche Lage und Art der genutzten Flächen eines Betriebes wissen, so wird die Betriebsrepräsentation als Punkt sinnlos sein. Man wird die einzelnen Grundstücke dieses Betriebes als Polygone definieren müssen, denen möglicherweise auch die Art der Nutzung zugewiesen wird. Aus diesen Beispielen kann man klar erkennen, dass die richtige Modellierung von Geodaten eine entscheidende Rolle für sämtliche darauf anwendbare Analysemethoden und Darstellungsformen spielt. Wie kommen nun die Daten ins GIS?

### **2.1 Geodatenerfassung**

Die Datenerhebung ist mit Abstand die zeit- und damit auch kostenintensivste Tätigkeit. Glücklicherweise gibt es für viele Themen bereits bestehende Datensätze (Basisdaten). So

kann man bei der Modellierung der Topographie auf ein Digitales Höhenmodell zurückgreifen, die Grundstückparzellen sind in der Digitalen Katastralmappe erfasst, Bodendaten finden sich in einer Digitalen Bodenkarte, kartographische Modelle mit unterschiedlichen Maßstäben bzw. Generalisierungsstufen sind digital verfügbar. Diese Auflistung ließe sich noch eine geraume Zeit fortsetzen. Grundsätzlich sollte man sich bei der Entwicklung einer GIS-Applikation genau umsehen, welche Basis- und spezifische Fachdaten zu welchen Zugangsbedingungen (Rechte, Kosten, usw.) bereits verfügbar sind, und welche Erhebungen selbst durchgeführt werden müssen. Die in den letzten Jahren stark angestiegene Anzahl an verfügbaren Basisdaten ist mit ein Grund, warum für viele der Einsatz von GIS äußerst interessant geworden ist.

Werden Daten unmittelbar in der realen Welt erhoben (Primärdaten), handelt es sich meist um Objekte, welche ganz spezifische Fragestellungen abdecken sollen z.B. Versuchsstandorte, Unfallorte, Verlauf von Wasserleitungen, usw. Primärdaten sind beispielsweise auch Luft- und Satellitenbilder und mittels GPS (Global Positioning System) erfasste Koordinaten. Die Erfassung auf Grundlage bereits bestehender Daten fällt in die Kategorie der Sekundärdatenerfassung. Als Beispiel kann hier die Bildschirmdigitalisierung im GIS auf Grund einer eingescannten analogen Landkarte angeführt werden. Dies ist oft eine relativ kostengünstige Möglichkeit, eigene Datenbestände aufzubauen, wobei man hier aber ganz wesentlich von der Qualität des Ausgangsmaterials abhängig ist. In beiden Erfassungsvarianten spielt der Grad an Genauigkeit und Präzision und damit der Erfassungsmaßstab eine große Rolle, der sich in erster Linie am Anwendungsbedarf orientieren muss.

## **2.2 Datenmodelle und Strukturen**

Geodaten werden grundsätzlich in allen möglichen Arten von Karten dargestellt, d.h. die Geometrie eines Sachverhaltes ist ein wichtiger Bestandteil des Datenmodells. Sie kann auch als die geographische Ausdehnung eines von der realen Welt abstrahierten Objektes gesehen werden, wobei sich solche Modelle nicht nur auf reale Gegenstände wie z.B. Häuser, Straßen, Gewässer, usw. beziehen können, sondern auch auf Rechtsverhältnisse (z.B. Verwaltungs- und Grundstücksgrenzen) und Phänomene jeglicher Art (z.B. Schadstoffausbreitung, Habitate, Wetter, Kundenbetreuungszonen, usw.).

Entscheidend bei allen Modellen ist der exakte und eindeutige koordinative Bezug zur Lage in der realen Welt. Lage- und auch Zeitkoordinaten sind ohne Angabe eines Bezugssystems nicht brauchbar. Beispielsweise bedeutet die Zeitangabe 2006 in unserem Kalender das Jahr 2006 n.Chr., andere Völker würden das vielleicht nicht so sehen, da sich ihr Bezugssystem (Kalender) von unserem unterscheidet. Ebenso verhält es sich mit der Lage. Geographische Längen- und Breitenangaben beziehen sich nach allgemeinem Konsens auf Äquator und dem 0-Meridian durch Greenwich. Daneben gibt es jedoch auch unzählige nationale Bezugssysteme, deren Koordinatenursprung individuell festgelegt wurde. Die geographischen Elemente einer Karte oder auch am Bildschirm befinden sich üblicherweise auf einer ebenen Fläche und müssen daher erst durch geeignete und exakt definierte Methoden von der gekrümmten Erdoberfläche in diese Ebene projiziert werden, damit der Raumbezug zur realen Welt gewährleistet bleibt.

Um sich in diesem für GIS äußerst wichtigem Thema nicht zu verlieren, soll zusammengefasst gesagt werden, dass ein wesentlicher Bestandteil von Geodaten Koordinaten sind, deren Bezugssystem, bestehend aus Geodätischem Datum und Projektsparementern, bekannt und definiert sein muss.

Wie schon erwähnt, hängt die Art der Modelle vom jeweiligen Bedarf ab. Für diskrete Objekte eignen sich Vektormodelle, die eine Darstellung als Punkt, Linie oder Polygon ermöglichen. Damit können z.B. Orte als Punkte, Straßen als Linien oder Grundstücke als Polygone gespeichert werden. Kontinuierliche Oberflächen wie z.B. Temperaturverteilung, Höhenmodell, Schadstoffausbreitung, usw. werden in der Regel als Rasterdaten modelliert. Raster bestehen aus regelmäßigen Zellen, welche jeweils einen Wert beinhalten und sich über ein bestimmtes Gebiet flächendeckend ausdehnen. Beispielsweise besteht ein Digitales Höhenmodell aus vielen einzelnen Zellen, die pro Zelle den Wert der Seehöhe an dieser Position enthalten. Auch digitale Bilder stellen Rasterdaten dar, die in den Zellen Farb- bzw. Grauwerte speichern. Die Genauigkeit wird dabei von der Ausdehnung einer Zelle, der Auflösung, bestimmt.

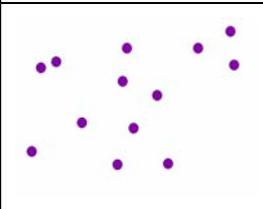
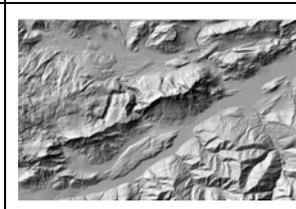
Vektordatenmodell (Punkte, Linien, Polygone)			Rasterdatenmodell
			
Orte	Flussnetz	Gemeinden	Digitales Höhenmodell

Abbildung 1: **Übersicht der wichtigsten Datenmodelle im GIS mit Beispielen**

Der entscheidende Vorteil von GIS gegenüber reinen Grafikprogrammen besteht nun darin, die Geometrie mit Attributen kombinieren zu können. Beispielsweise kann zu einer Grundstücksgeometrie der Eigentümer, die Grundstücksnummer, die Fläche, der Umfang, die Nutzungsart und vieles mehr gespeichert werden. Diese definierten Eigenschaften können für diverse Analysen optimal genutzt werden. Bleiben wir beim Beispiel der Grundstücke – eine einfache Frage könnte lauten: Wie groß ist die gesamte Grünlandfläche im Tal XY? Durch räumliche Selektion der Grundstücksparzellen mit Grünlandnutzung im Gebiet von Tal XY können deren Einzelflächenmaße aufsummiert und als Ergebnis ausgegeben werden. Der Übergang von reinen Rohdaten zu einem interpretierbaren Datenbestand und damit zu Information, im Speziellen Geoinformation, ist damit vollzogen. Diese Geoinformation kann nun vielfach genutzt werden.

### 3. ANALYSE UND VISUALISIERUNG VON GEOINFORMATION

Der Grund, warum wir GIS einsetzen, besteht in erster Linie darin, das umfangreiche Methodenspektrum räumlicher Analyse nutzen zu können. Es handelt sich also um viel mehr als nur ein Tool zur Kartenerstellung. Geodaten gleicher Art (z.B. alle Grundstücke) werden in Tabellenstrukturen verwaltet und können als Datenschicht (Layer) zur Analyse herangezogen werden. Diese beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Daten innerhalb einer einzelnen Schicht (horizontale Analyse), sondern kann auf mehrere übereinander liegende Schichten ausgedehnt werden (vertikale Analyse). Ein einfaches Beispiel soll dies verdeutlichen. In einer Schicht befinden sich die Grundstücke, eine andere enthält einen flächendeckenden Rasterdatensatz der Niederschlagsverteilung. Aufgrund des Attributes „Eigentümer“ können wir alle Grundstücke des Landwirtes XY auffindig machen (horizontale Analyse). Wenn wir nun wissen wollen, wie groß die Niederschlags-

menge auf diesen Flächen war, wird der zweite Layer hinzugezogen und die jeweiligen Werte den Grundstücken zugeordnet (vertikale Analyse).

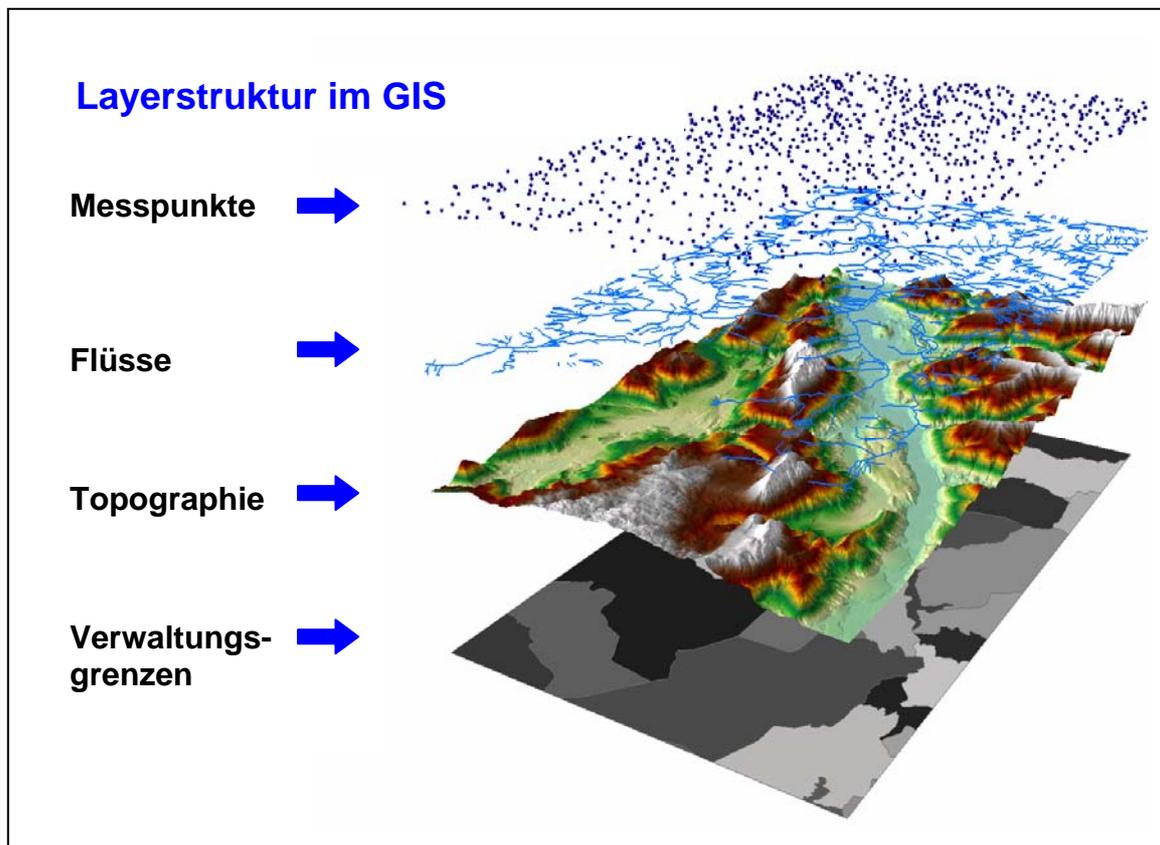


Abbildung 2: **Beispiel für die Einbeziehung unterschiedlicher thematischer Daten in Form von Schichten, die gemeinsamen Analysen unterzogen werden können**

Indem GIS die Möglichkeit schafft, Informationen aus den verschiedensten Fachbereichen miteinander zu kombinieren, können Zusammenhänge untersucht werden, die ohne Berücksichtigung der räumlichen Relevanz nur schwer ersichtlich sind. Um beispielsweise den Ertrag einer landwirtschaftlichen Kulturart auf einer bestimmten Fläche berechnen zu können, ist es notwendig, alle für die Ermittlung des Ertrages an einer bestimmten geographischen Position relevanten Informationen systematisch zu integrieren. In diesem Fall sind das Daten aus dem Bereich der Meteorologie, der Bodenkunde, der Hydrologie und der Agrarwissenschaften. Methoden der Interpolation, Verschneidung, Aggregation, attributive und räumliche Selektion, Klassifikation, Überlagerung, Distanzanalyse, usw. dienen dazu, aus bereits vorhandenen Daten unter Berücksichtigung ihrer räumlichen Beziehungen neue Information zu generieren. Eine genaue Beschreibung des enorm breiten Spektrums an Analysemöglichkeiten, die dem Anwender von GIS geboten sind, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass der Einsatz dieser Werkzeuge von der Art der implementierten Modelle abhängig ist. Rasterdaten erfordern beispielsweise eine andere Herangehensweise als Vektordaten.

Ein wichtiger Aspekt von GIS ist natürlich die Visualisierung von Geoinformation. Schon während der gesamten Datenmodellierung und Analysetätigkeit steht der Bezug zur geometrischen Repräsentation der Daten immer wieder im Vordergrund. Das gilt umso mehr für die Darstellung der Ergebnisse. In thematischen Karten werden oft ganz neue

Sichtweisen auf ein bestimmtes Thema ermöglicht, weil räumlich bedingte Zusammenhänge in visueller Form vom Betrachter besser wahrgenommen werden, als in alphanumerischen Übersichten. Gerade in der Produktion von Ergebniskarten ist es wichtig, sich an kartographischen und statistischen Grundsätzen zu orientieren, um keine inhaltlich „verzerrten“ Bilder entstehen zu lassen. Ein vorsichtiger Umgang mit Klassenbildung, Berücksichtigung von farbtheoretischen Grundlagen und eine Vollständigkeit der Karteninformation (Titel, Legende, Maßstab, usw.) sind die Voraussetzung für gut verständliche Inhalte.

Die massive Zunahme an WEB-basierter Kartendarstellung in Map-Viewern ist eine äußerst positive Entwicklung, da sich der Anwender im Gegensatz zu einer statischen, analogen Karte explorativ den angebotenen Informationen annähern kann. Diese Viewer sind mit einer Basis-GIS-Funktionalität ausgestattet, die je nach Leistungsumfang Zoom, Ausschnittsänderung, Attributabfrage, flexible Layerdarstellung und vieles andere mehr zulässt. Angeboten werden solche Dienste hauptsächlich von öffentlichen Stellen und können in der Regel frei genutzt werden.

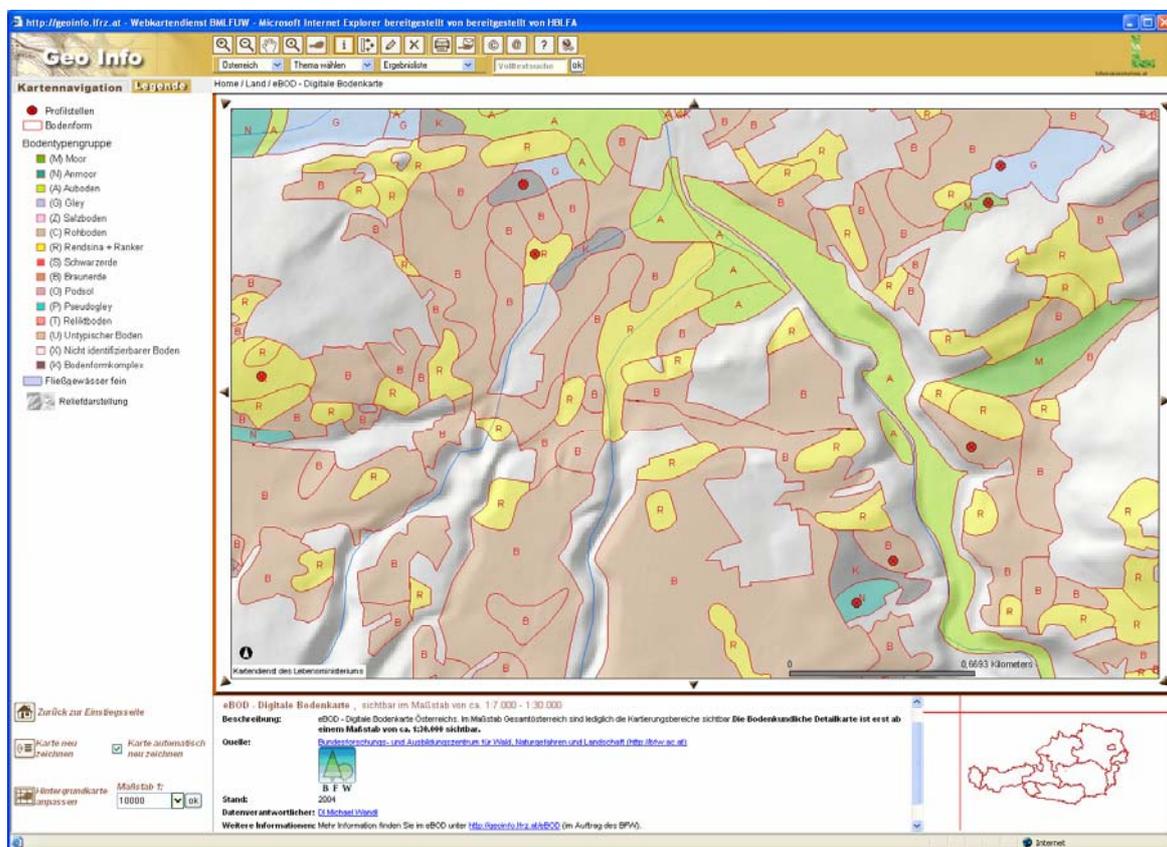


Abbildung 3: Beispiel eines Geodaten-Viewers - GeoInfo des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (<http://geoinfo.lfrz.at>), Darstellung eines Ausschnitts aus der Digitalen Bodenkarte

Eingangs wurde der Übergang von Daten auf Information zu Wissen erwähnt. Im GIS haben wir Daten durch entsprechende Modellierung und Analyse zu Information aufbereitet und stellen diese nun dem Anwender zur Verfügung, der daraus Wissen für die Umsetzung seiner Entscheidungen gewinnt. Im Gegensatz zu analogen Landkarten ist GIS ein sehr dynamisches Medium, in dem durch Änderungen in den Analyseparametern ohne

erheblichen Mehraufwand Alternativinformation erzeugt werden kann. Solche Szenarien erleichtern in vielen Fällen wichtige Entscheidungen (z.B. verschiedene Varianten im Straßenbau) und bilden oft wichtige Unterlagen für Diskussion und Argumentation.

Landwirtschaftliche Fragestellungen weisen einen sehr starken Raumbezug auf und GIS kann in manchen Bereichen eine große Bereicherung darstellen, worauf im nächsten Abschnitt näher eingegangen wird.

#### **4. GIS UND LANDWIRTSCHAFT**

Ein Informationssystem in der Landwirtschaft wird zunächst hauptsächlich Dokumentationscharakter haben. Für die Inanspruchnahme von diversen Förderungen sind vom Landwirt detaillierte Aufzeichnungen vorzuweisen, die auch landwirtschaftliche Nutzflächen betreffen. Im Rahmen des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (INVEKOS) wird mit der Verordnung Nr. 1593/2000 ein System zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen auf Grundlage des Katasters vorgeschrieben (AMA, 2004). In Österreich wurde diese Vorgabe mit der Einrichtung von INVEKOS-GIS, einer digitalen Hofkarte, umgesetzt. Damit ist der Einsatz von GIS für einen Großteil der Landwirte mit einem Schlag Realität geworden. Wenn es sich dabei auch nur um eine sehr einfache Variante von GIS handelt, so steht dem Landwirt über eine Internetseite doch eine Palette an grundlegenden Funktionen zur Verfügung, mit denen Geodaten bearbeitet werden können. Dabei kommen viele der oben beschriebenen Konzepte zum Einsatz, die dem Anwender durch die einfache Benutzeroberfläche und -führung sehr leicht zugänglich gemacht wurden. Veränderungen der Grenzen auf Grundlage des Luftbildhintergrundes, Flächen- und Distanzmessungen, Verknüpfung mit Attributdaten (Mehrfachantrag), usw. können meist vom Landwirt selbst ohne Probleme vorgenommen werden. Über diese spezielle Art der Anwendung, nämlich der Förderungsadministration, hinausgehende Analysen sind mit solchen Systemen jedoch nicht möglich.

Beschränken sich die Anforderungen des Landwirtes nicht nur auf reine Dokumentation, bedarf es der Anschaffung von Software-Werkzeugen, welche umfangreichere Bearbeitungen zulassen. Ziel dieser Anwendungen sind hauptsächlich Bewirtschaftungsoptimierungen, die auf Basis von schlagbezogenen Aufzeichnungen zu Düngung, Nutzung, Fruchtfolge usw. betriebswirtschaftliche Berechnungen ermöglichen. Die GIS-Komponente besteht hier in der räumlichen Visualisierung von Auswertungen des gesammelten Datenbestandes und einfachen Flächenberechnungen.

Die klassische Anwendung von GIS im Bereich der praktischen Landwirtschaft finden wir im Precision Farming (Teilschlagbewirtschaftung). Neben anderen Technologien wie GPS (Global Positioning System) und Sensortechnik ist GIS im Precision Farming integrierter Bestandteil eines Gesamtsystems, das der Anpassung von Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität der Standort- und Bestandsparameter dient (BILL und ZEHNER, 2001).

Diese Systeme sind meist mit relativ hohen Anschaffungskosten verbunden, sodass sie sich nur bei mittleren bis großen Bewirtschaftungsmaßstäben rentieren. Vor allem in den USA hat sich die Technologie des „Computer Aided Farming“ seit den neunziger Jahren mehr und mehr etabliert.

Wie hat man sich nun Precision Farming vorzustellen? Mit Hilfe unterschiedlichster Sensoren werden Daten aus der Umwelt bzw. dem Bewirtschaftungskontext gesammelt. Bildsensoren dienen der Unkrautererkennung, Steuerungssensoren regeln die Menge von

Dünger und Pflanzenschutzmitteln, Korndurchsatzmesssensoren erfassen den Ertrag beim Drusch, Bodensensoren ermitteln Bodenbeschaffenheit und Nährstoffverhältnisse, usw. Die erfassten Informationen sind nur dann von Nutzen, wenn sie räumlich zugeordnet werden können. Meist geschieht dies in Echtzeit mit GPS, also während der Erfassung am Feld. Die dabei erreichten Positionierungsgenauigkeiten von einigen Metern reichen in den meisten Fällen aus. Die gesammelten Daten werden in einem GIS verarbeitet und für weitere Applikationen aufbereitet. Beispielsweise werden Informationen über den Nährstoffgehalt im Boden an Steuerungssensoren weitergeleitet, welche die Düngermenge beim Ausbringen nach Bedarf und standortbezogen regeln (BILL und ZEHNER, 2001).

Ökonomische Vorteile im Zuge dieser Bewirtschaftungsweise liegen klar auf der Hand. Neben Betriebsmitteleinsparungen (Dünger, Pflanzenschutzmittel, Treibstoff) kann auch ein effizienter Technikeinsatz durch Kontrolle der Maschinenlogistik erreicht werden, die Produktionsabläufe werden nachvollziehbar und können gezielt aufeinander abgestimmt und Qualität somit sichergestellt werden. Neben den ökonomischen Aspekten kommen auch ökologische Faktoren zum Tragen. Nachhaltige und ressourcenschonende Landbewirtschaftung liefern hier einen wichtigen Beitrag.

Im Bereich der Forschung rund um die Landwirtschaft gibt es eine Unmenge an Anwendungsmöglichkeiten, die über die Visualisierung von Bewirtschaftungszusammenhängen im größeren Maßstab bis hin zur Modellierung ganz spezieller Fragestellungen reicht. Da die für die Landwirtschaft relevanten naturwissenschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge quer durch die verschiedensten Disziplinen bearbeitet werden und meistens auch raumbezogen auftreten, ist GIS ein gut geeignetes Instrument für deren gemeinsame Analyse. Das verfügbare Methodenspektrum moderner GIS-Software kann hier im vollen Umfang genutzt werden und Ergebnisse liefern, welche neue Einblicke in komplexe Zusammenhänge gestatten. Um sich nicht in einer detaillierten Beschreibung der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten zu verlieren, sei nachfolgend lediglich ein kleines Beispiel herausgegriffen, das die praktische Arbeit mit GIS illustrieren soll.

## **5. ANWENDUNGSBEISPIEL FÜR DEN PRAKTISCHEN EINSATZ VON GIS**

Um einige Möglichkeiten der Verarbeitung räumlicher Daten zu zeigen, soll hier eine einfache Bestimmung der Vegetationsperiode am Beispiel des Jahres 2003 vorgestellt werden. Dazu sind Temperaturdaten auf Tagesbasis über die gesamte Vegetationsperiode und, als Geobasisdatensatz, ein Digitales Höhenmodell (DHM) in einer Auflösung von 50 Metern notwendig (SCHAUMBERGER, 2005).

Der Algorithmus zur Eingrenzung des Beginns und Endes der Vegetationsperiode wurde nach einigen Experimenten mit folgendem Kriterium festgesetzt: Wenn die Tagesminimumtemperatur mindestens 2° C über die Dauer von fünf Tagen erreicht, beginnt die Vegetation und endet bei der umgekehrten Anwendung dieses Kriteriums.

Um dies räumlich prüfen zu können, ist es notwendig, flächendeckende Temperaturraster ausgehend von den an ca. 270 Wetterstationen gemessenen Temperaturwerten anzufertigen. Da die Temperatur einen starken Zusammenhang mit der Seehöhe aufweist, muss dieser höhenabhängige Anteil vor der Interpolation der jeweiligen Messstationsdaten abgespalten werden, um Interpolationsfehler so gering wie möglich zu halten. Dazu wird mittels linearer Regression eine Trendgerade ermittelt, welche den minimalen Abstand zu allen Messungen in unterschiedlicher Seehöhe darstellt. Die verbleibenden täglichen Residuen an den Stationen werden dann einer räumlich-statistischen Interpolation mittels Ordinary Kriging zugeführt. Damit entsteht ein flächendeckender Datensatz der

interpolierten Residuen. In Abbildung 4 wird dieser Zusammenhang von Höhe und Temperatur am Beispiel des April und Mai 2003 gezeigt. Die Verwendung der Monatsmittelwerte bei der Regressionsrechnung ist deshalb wichtig, um tägliche Schwankungen bei der Ermittlung der Höhenabhängigkeit zu glätten. Die Abstände der Messpunkte zur Trendgeraden bilden die Residuen, deren Mittelwert ein Minimum bilden.

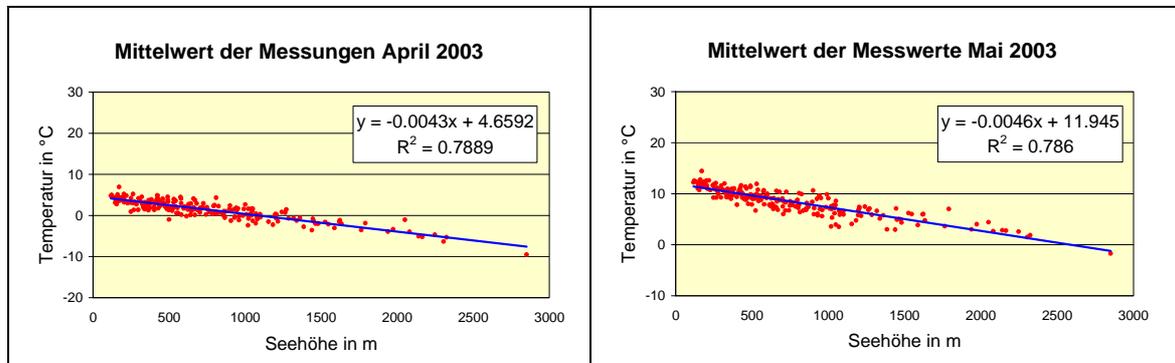


Abbildung 4: **Korrelation von Minimumtemperatur (monatliches Mittel an den Stationen) und Seehöhe am Beispiel des April und Mai 2003**

Nachdem die täglichen Residuen der Messwerte flächendeckend interpoliert wurden, muss auch der höhenabhängige Anteil der Temperatur in die Fläche gerechnet werden. Dies lässt sich sehr einfach durch die Einbeziehung der Höhenwerte aus dem DHM als abhängige Variable  $x$  in die lineare Gleichung  $y = kx + d$  durchführen (Steigung  $k$  und Verschiebungskonstante  $d$  sind Koeffizienten der jeweiligen Regressionsgeraden). Die Funktion wird auf jede Rasterzelle des DHM angewendet und damit entsteht ein flächendeckender Raster des höhenabhängigen Anteils der Temperatur. Durch Addition von täglichem Residuenraster und dem dazugehörigen monatlichen Temperatur-Höhen-Raster entsteht eine Temperaturoberfläche auf Tagesbasis.

Mit dieser Rechnung erhalten wir für jeden Tag des Jahres eine kontinuierliche Rasteroberfläche mit den Temperaturwerten in jeder Rasterzelle. Die Anwendung des Kriteriums für Vegetationsbeginn und -ende bezieht nun die Tagesraster von fünf aufeinander folgenden Tagen ein, wo mittels so genannter lokaler Rasteroperationen jede übereinander liegende Rasterzelle auf deren Temperaturwert untersucht wird. Wenn alle fünf Rasterzellen einen Wert über  $2^{\circ}\text{C}$  aufweisen, wird das Datum des ersten dieser fünf Tage in einem Ergebnisraster gespeichert. Ist das nicht der Fall, wird der 5-Tages-Bereich um einen weiteren Tag nach vor geschoben – so lange bis das Kriterium erfüllt ist. Beim Ende der Vegetationsperiode wird ähnlich vorgegangen. Sobald die Minimumtemperatur von  $2^{\circ}\text{C}$  fünf Tage hintereinander unterschritten wird, wird das Datum des letzten der fünf Tage in das Ergebnisraster für das Vegetationsende eingetragen.

Mit dieser Vorgehensweise füllen sich die beiden Ergebnisraster für Vegetationsbeginn und -ende nach und nach in Abhängigkeit der Temperatursituation. Die dazugehörigen Rechenoperationen sind zum Teil relativ aufwendig, da bei dieser Prüfung sämtliche Zellen des Rasters (im Fall von Österreich sind das pro Raster immerhin ca. 35,6 Millionen Zellen) parallel untersucht werden müssen.

Durch Bildung der Differenz zwischen Vegetationsbeginn und -ende wird die Dauer der Vegetationsperiode ermittelt, die aufgrund der gewählten Methodik den visuellen Eindruck topographischer Ausprägung stark widerspiegelt. Abbildung 5 zeigt das

Ergebnis der Berechnung für das Jahr 2003, in dem sämtliche Berechnungen von Beginn und Ende der Vegetationsdauer sowie deren Differenzbildung beinhaltet sind. Die Vegetationsdauer spielt für viele naturwissenschaftliche Untersuchungen eine wichtige Rolle und die gezeigte Berechnung ist dementsprechend vielseitig einsetzbar.

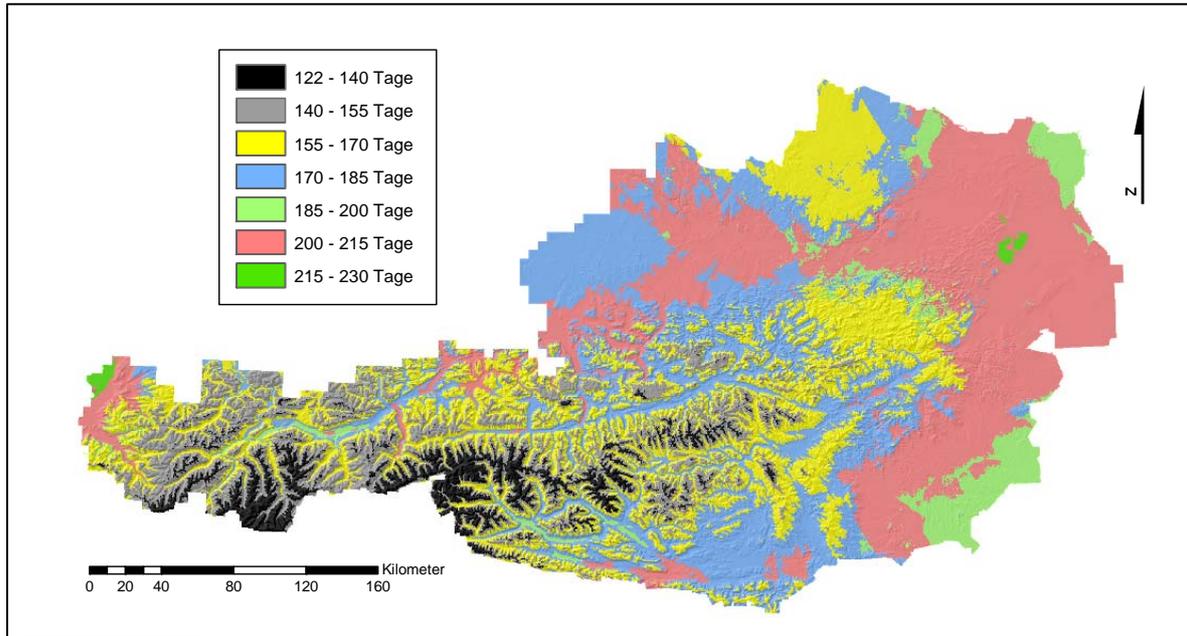


Abbildung 5: **Dauer der Vegetationsperiode in Tagen am Beispiel des Jahres 2003**

Mit diesem Beispiel, das sich lediglich auf Operationen im Rasterdatenmodell bezieht, soll ein kleiner Aspekt der Möglichkeiten räumlicher Analyse mit Hilfe von GIS gezeigt werden. Im Gegensatz zum Rastermodell können mit Vektormodellen wesentlich komplexere Fragestellungen bearbeitet werden, auf deren Darstellung jedoch hier verzichtet wird.

Diese Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, einen ersten Überblick über die Technologie Geographischer Informationssysteme zu geben und deshalb sei bei konkreterem Interesse auf die zahlreich verfügbare Fachliteratur verwiesen.

## 6. LITERATUR

AGRARMARKT AUSTRIA (2004): Infobroschüre – Hofkarte. Eigenverlag AMA, Wien.

BARTELME, N. (2000): Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. Dritte, erweiterte und aktualisierte Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

BILL, R. und M.L. ZEHNER (2001): Lexikon der Geoinformatik. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.

LONGLEY, P.A., M.F. GOODCHILD, D.J. MAGUIRE and D.W. RHIND (2005): Geographic Information Systems and Science. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd, UK.

SCHAUMBERGER, A. (2005): Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. Veröffentlichungen Heft 42, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding.