



Das forstökologische Informationssystem GEA/FOREC unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte der Datenqualität

Franz Mutsch ¹, Michael Englisch ²

¹ Forstliche Bundesversuchsanstalt, A-1131 Wien, Seckendorff- Gudentweg 8

² Forstliche Bundesversuchsanstalt, A-1131 Wien, Seckendorff- Gudentweg 8

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **82** (1–2), S. 86–94

1994

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Mutsch_VGI_199415,  
  Title = {Das forst{\"}kologische Informationssystem GEA/FOREC unter  
          besonderer Ber{\"}cksichtigung der Aspekte der Datenqualit{\"}a},  
  Author = {Mutsch, Franz and Englisch, Michael},  
  Journal = {VGI -- {\"}sterreichische Zeitschrift f{\"}r Vermessung und  
            Geoinformation},  
  Pages = {86--94},  
  Number = {1--2},  
  Year = {1994},  
  Volume = {82}  
}
```



Das forstökologische Informationssystem GEA/FOREC unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte der Datenqualität

Franz Mutsch und Michael Englisch, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Forstökologie, Wien

Zusammenfassung

Das Informationssystem GEA/FOREC ist eine als Oracle-Datenbank implementierte forstökologische Datensammlung aus zahlreichen Projektgebieten über einen Bearbeitungszeitraum von etwa 35 Jahren. Sie enthält neben Standortdaten Daten zur Humus- und Bodenprofilbeschreibung sowie Bodenanalysen und vegetationssoziologische Aufnahmen. Insgesamt umfaßt das System etwa 4000 Probeflächen und etwa 22000 Bodenanalysensätze.

Die Aspekte der Datenqualität und der -klassierung werden anhand der Waldboden-Zustandsinventur (WBZI), einer österreichweit durchgeführten Untersuchung zur möglichen Beeinflussung von Waldböden durch Immissionen, diskutiert. Im Vordergrund stehen dabei a) die formale und sachliche Aufnahmege nauigkeit, die Klassierung und Klassierungsfehler verschiedener Gelände-Erhebungsmerkmale sowie b) die Methodik und Überlegungen zu gängigen Qualitätskontrollen bodenchemischer Analysen. Die Angabe von Qualitätsmaßen (Eichungsintervalle, Kontrollmechanismen innerhalb und zwischen Labors, Qualität und Art der Probenwerbung) und der Analysenmethodik (Ermittlung von Elementgehalten in Hinblick auf unterschiedliche Fragestellungen) soll dem (GIS)-Nutzer die Einschätzung des potentiellen Anwendungsspektrums dieser Daten ermöglichen.

Daten liegen aus lokalen Untersuchungen des gesamten Bundesgebietes vor. Schwerpunkte bilden das statistische Raster der Waldboden-Zustandsinventur sowie der Alpenostrand, der auch zukünftig zusammen mit den östlichen Hügelländern und Ebenen einen Arbeitsschwerpunkt bilden soll. Der Nachführungsstand ist arbeitsfortschritts- und projektbezogen. Daten können auf die meisten handelsüblichen Datenträger in einer Vielzahl von Formaten übertragen werden. Rechtliche Aspekte des Datentransfers werden gestreift.

Abstract

GEA/FOREC is a collection of data from forest ecology, sampled over 35 years and various project areas. It is implemented as an Oracle data base and contains site data, descriptions of soil and humus profiles as well as soil analyses and vegetation relevees. Altogether the system contains 4000 sample plots and about 22000 sets of soil analyses.

The aspects of data quality and data classification are discussed by means of the Forest Soil Monitoring System, an Austria-wide study on potential impacts of immissions on forest soils. Most important points are a) factual and formal accuracy of the relevees, classification and classification errors of various parameters from site studies and b) the methodics and thoughts on current quality controls of soil analyses. The specification of quality measures (gauging intervals, control mechanisms in and between laboratories, quality and methods of soil sampling) and methodics of analysis should provide the (GIS)-users with tools to estimate the applicability of data from forest ecology.

Data were sampled throughout Austria, concentrating on the statistic grid of the Forest Soil Monitoring System and the Eastern border of the Alps, which will be a major area of interest in the future, too. Data of GEA/FOREC may be transferred by diskettes and magnetic tape using most commercial formats. Legal aspects of data transfer are summarized.

1. Einleitung und Problemstellung

Geo- bzw. Landinformationssysteme werden auf drei Pfeilern begründet: Basisdaten, Hardware und Software. In diesem Dreiklang liegt das Schwergewicht der Forstökologie eindeutig auf der Beschaffung und Bereitstellung von Basisdaten, denen im weiteren das Hauptaugenmerk geschenkt wird. Von zunehmender Bedeutung ist jedoch der Konnex zur Software, die einerseits Veränderungen beim Vorgang der Datenerhebung verursacht, andererseits neue Möglichkeiten der Datennutzung und der Interpretation erschlossen hat.

Grundzüge des forstökologischen Informationssystems GEA/FOREC hat bereits KILIAN (1986) präsentiert. Mittlerweile wurde das System weiterentwickelt und als ORACLE-Datenbank implementiert (ENGLISCH, 1992). Sie enthält Daten aus zahlreichen Projektgebieten über einen Bearbeitungszeitraum von etwa 35 Jahren. Inhalt der Datenbank ist und Ziel der Arbeiten war jeweils die Charakterisierung eines in sich homogenen forstlichen Ökosystems oder Ökossystems-ausschnitts aufgrund von Standortbeschreibungen (Beschreibung der räumlichen Merkmale), Beschreibungen der Humus- und Bodenprofile, Vegetationsaufnahmen sowie physikalischen und chemischen Meßdaten. Vervollständigt wird die Datenbank durch ein derzeit im Aufbau befind-

liches Feld- und Labordatenmanagementsystem, welches die zur Kontrolle und Dateninterpretation notwendige Metainformation beinhaltet.

Die Datenbankinhalte sowie die Aspekte der Datenentstehung, der Datenqualität und Datenklassierung werden anhand der Waldboden-Zustandsinventur (WBZI), einer österreichweit in einem statistischen Raster von 8,7 x 8,7 km durchgeführten Untersuchung zur möglichen Beeinflussung von Waldböden durch Immissionsorten, diskutiert. Im einzelnen ergibt sich für die 514 Untersuchungspunkte etwa folgender Datenumfang:

Geländebeschreibung (Standortsbefund)	20000
Humus- und Bodenprofilansprache	40000
Vegetationsansprache	40000
Bodenchemische und -physikalische Basisdaten	70000
davon abgeleitete Daten	30000
Summe der Daten insgesamt	200000

2. Methoden zur Erstellung forstökologischer Basisdaten

Die Erstellung forstökologischer Daten läßt sich im allgemeinen in zwei Blöcke, nämlich Felderhebung (Charakterisierung des Ökosystems durch möglichst vollständige Beschreibung von Ökosystemteilen) und Messung physikalischer und chemischer Parameter im Labor, gliedern. Dabei setzt die Probenwerbung für die Erstellung der chemischen und physikalischen Bodendaten abhängig von der methodischen Vorgangsweise bereits eine Interpretation von Daten der Felderhebung voraus. Das Maß der Datenqualität (q) der chemischen und physikalischen Parameter läßt sich wie folgt definieren:

$$q = f(\text{Standorts-/bodenkundliche Interpretation, Probenwerbung, -aufbereitung, Analytik})$$

Als Verknüpfungsvorschrift ist dabei die Multiplikation anzunehmen, da niedrige Qualität auch nur eines Systemteils niedrige Datenqualität insgesamt bedingt. Daher ist für eine Nutzung oder Interpretation von Daten ein Mindestmaß an Kenntnis über das Wesen ihrer Entstehung und der ursprünglichen Zielsetzung der Erhebung Voraussetzung. Nur wenn Informationen über die ursprüngliche Motivation einer Untersuchung vorliegen, können Daten u. U. auch für andere Zwecke genutzt und bewertet werden. So sind beispielsweise Daten der Waldboden-Zustandsinventur von der Erhebungsmethodik her sehr gut geeignet, einen österreichweiten Überblick über die Schadstoffbelastung mit anorganischen Substanzen zu geben und Veränderungen derselben über die Zeit abzuschätzen. Sie sind nur bedingt geeignet, bestimmte Bodentypen chemisch zu charakterisieren.

2.1 Standorts- und Bodenansprache

Standorts- und Bodenmerkmale sowie Vegetationsaufnahmen werden nach weitgehend normierten (KILIAN und MAJER, 1991, BLUM et al., 1986, BRAUN-BLANQUET, 1964) Schätz-, Test- und Zählskalen erfaßt. Die Abstufungen der verwendeten Skalen sind ökologischen Sachverhalten angepaßt. Sie entsprechen damit meist nichtlinearen Funktionen und sind nur beschränkt verrechenbar. Als Beispiel sei die bei den Vegetationsaufnahmen verwendete Abundanz-/ Dominanzskala nach BRAUN-BLANQUET angeführt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Kombinierte Abundanz-/Dominanzskala nach BRAUN-BLANQUET (l.c.)

r	eines oder wenige Individuen
+	gelegentliches Vorkommen, weniger als 5% der Aufnahmefläche deckend
1	zahlreiches Vorkommen mit niedriger Deckung, oder weniger zahlreich, aber mit höherer Deckung, in jedem Fall unter 5%
2	sehr zahlreich, 5-25% Deckung
3	25-50% der Aufnahmefläche deckend
4	50-75% der Aufnahmefläche deckend
5	mehr als 75 % der Aufnahmefläche deckend

Die Erhebungsmerkmale für die Ausscheidung der Humusform (Durchwurzelung, Lagerung, Material, Horizontabfolge und -mächtigkeit), des Bodentyps (Bodenart, Skelettgehalt, Bodenfarbe, Struktur, Fleckung, Konkretionen, Karbonatgehalt, Horizontabfolge und -mächtigkeit), der Charakterisierung des Standorts (Geologie, Hydrologie, Wasserhaushaltsstufe, Gründigkeit, Bestand und Ortsdaten (Wuchsraum, Seehöhe, Exposition, Relief u.a.) und die Vegetationsaufnahmen (Artname, Deckungswert, Schichtzugehörigkeit und Begrünungsgrad) zusammen ermöglichen eine Beschreibung eines Waldökosystems (Abbildung 1). Sie sind nach Sachgebieten getrennt in Datenbanktabellen abgelegt. Die Datenorganisation des Informationssystems berücksichtigt die Umstellung der Analysenmethodik und ist projekts- sowie fachgebietsbezogen. Sämtliche Erhebungsmerkmale sind einheitlich codiert. Als Schnittstellen stehen derzeit die Bandstation einer Großrechenanlage (VAX/VMS) als auch Diskettenstationen auf PC's und Macintosh-Rechnern zur Verfügung. Die meisten handelsüblichen Austauschformate können erzeugt werden. Einheitliche Regelungen bezüglich rechtlicher Fragen und der Datenkosten bestehen nicht. Im Regelfall entscheiden die zuständigen Stellen des BMLF (Amtshilfe, allgemeines Interesse, Umwelt-Auskunftsgesetz).

Die formale Richtigkeit und Vollständigkeit der Daten ist durch den Einsatz von Prüfroutinen und Plausibilitätskontrollen gewährleistet. Die Lage der Probestellen ist im Bundesmeldenetz fixiert; besonderes Augenmerk wurde bei der Waldboden-Zustandsinventur und zahlreichen anderen Untersuchungen auf die Einhaltung des Versuchsdesigns (zufällige Flächenauswahl durch Festlegung eines Punktrasters) gelegt, während die geometrische Qualität relativ gering ist (WBZ: Abweichungen von der errechneten Ist-Punktlage etwa 10-30m).

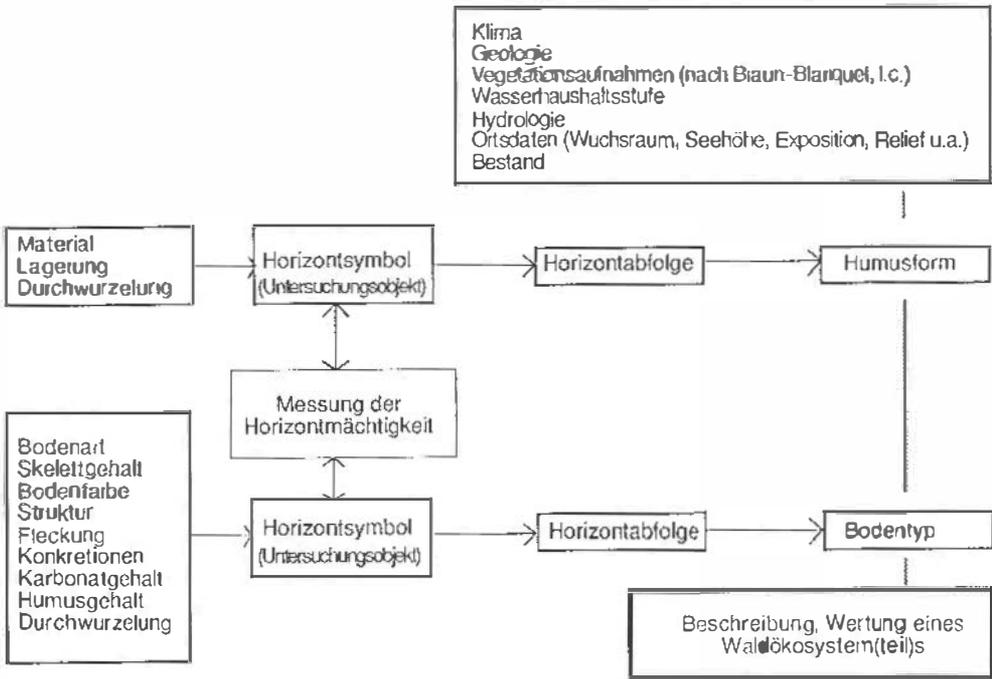


Abbildung 1: Standortkundliche Erhebungsparameter zur Charakterisierung von Waldökosystemen

Bei Standorts-, Boden- und Humuserhebungen sind den Sachdaten im Sinne der Datenqualität nicht nur Informationen zur Erhebungsmethodik beizufügen, sondern auch detaillierte Angaben zum verwendeten Klassifikationsystem für Boden, Humus, Vegetation und Standort. Das Ergebnis einer vergleichenden Einordnung von 100 Humusprofilen einer Untersuchungsfläche am Hochwechsel (ENGLISCH, 1993, unpubl.) zeigt Abbildung 2. Es ergaben sich dabei erwartungs-

gemäß verschiedene Verteilungsmuster und aufgrund unterschiedlicher Klassifikationskriterien unterschiedliche ökologische Wertungen, obwohl für den Vergleich dieselbe Erhebungsmethodik verwendet wurde.

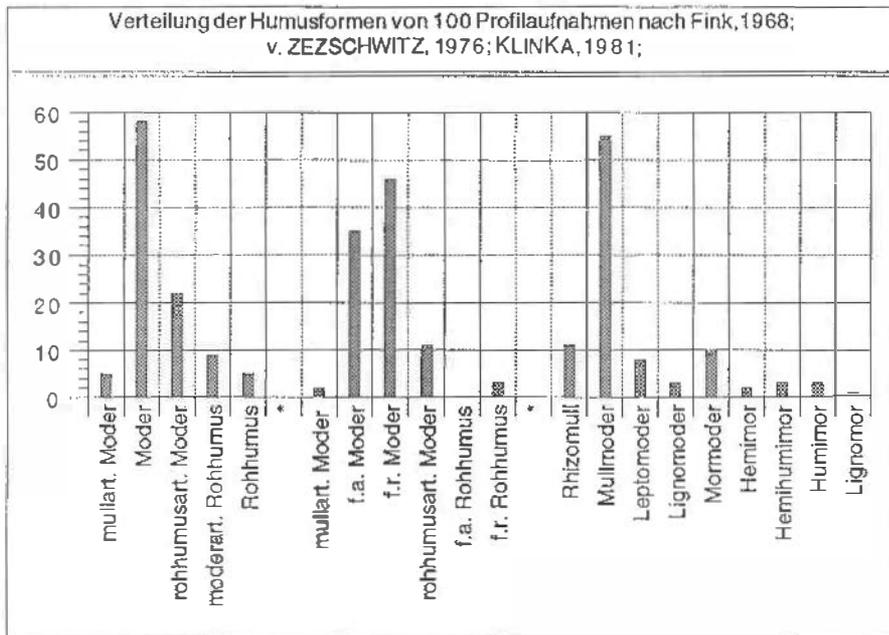


Abbildung 2: Verteilung der Humusformen von 100 Profilaufnahmen am Hochwechsel bei Verwendung dreier verschiedener Klassifikationssysteme (f.r.=feinhumusreich, f.a.=feinhumusarm)

Abhängig von der Fragestellung werden die gesamte Parameterpalette oder Teile davon, eventuell mit vereinfachter Skalierung, erhoben. Die Verwendung verschiedenster Skalentypen unterschiedlicher Codierung bedingen in der Praxis hohen Einschulungsaufwand; Erfahrungsgemäß sind die Ansprachen innerhalb einer Erhebungsorganisation homogen, zwischen den Erhebungsorganisationen relativ heterogen, systematische Untersuchungen oder Vergleiche wurden bislang jedoch noch nicht angestellt.

Anhand von Kontrollaufnahmen und Datenprüfungen wurden für einige Erhebungsparameter Fehlerschätzungen für die formal geprüfte Ersthebung der Waldboden-Zustandsinventur angestellt:

a. Bodentyp: Von 514 angesprochenen Profilen wurden 35 Profile (6,81%) falsch klassifiziert, d.h. nicht in die richtige von 30 vorgegebenen Gruppen eingeordnet. Da für die Auswertung jedoch nur 9 Großgruppen verwendet wurden, waren nur davon 16 (3,16%) als mißklassifiziert zu bewerten.

b. Karbonatgehalt des Bodens: Die Karbonathaltigkeit des Bodens wurde im Feld getestet und im Labor bestimmt. Einen Vergleich der Ergebnisse erlaubt Tabelle 2:

Tabelle 2: Karbonathaltigkeit von Bodenprofilen der WBZ! im Vergleich zwischen Labor und Felderhebung

Anzahl der Flächen	n	n
Karbonathältig lt. Labor	178	Karbonathältig lt. Feldtest 168
Karbonatfrei lt. Labor	333	Karbonatfrei lt. Feldtest 327
nicht klassifiziert	0	16

In einem einzigen Fall ergab der Test im Gelände ein anderes Ergebnis als die Untersuchung im Labor.

c. Bodenart: Die Bodenart wurde über das gesamte Bodenprofil im Feld und für die Tiefenstufe 30-50 cm zusätzlich im Labor bestimmt. Da im Feld die Bodenart auf genetische Horizonte bezogen angesprochen wurde, wurden für den Vergleich in Tabelle 3 nur Horizonte herangezogen, die ausschließlich diese Tiefenstufe abdecken.

Tabelle 3: Vergleich der Bodenart (Labor versus Felderhebung) an 50 ausgewählten Probeflächen der WBZI in Oberösterreich, Tirol und Burgenland

Abweichung der Bodenart zwischen Feldansprache und Laboruntersuchung in Klassen

0 bis 1	2	3	Summe Flächen
39	11	0	50

Die Klasseneinteilung wurde aufgrund des Österreichischen Korngrößendreiecks erstellt. Eine Fehlklassifikation von einer Klasse entspricht einem Fehler von 1 bis zirka 15% in der Bestimmung einer der maßgeblichen Korngrößensfraktionen und ist ökologisch meist als unbedeutend einzuschätzen. Eine Fehlklassierung um 2 Klassen entspricht einer Fehleinschätzung von ca. 15 bis 25% und ist ökologisch meist relevant.

d. Vegetationsaufnahmen: Nach Untersuchungen von KARRER (1991) an ausgewählten Probeflächen der Waldboden-Zustandsinventur konnten in der Krautschicht Abweichungen in der Artenzahlen von -46% bis zu +45% im Vergleich Originalaufnahme gegen-Kontrollaufnahme gefunden werden. Diese sehr großen Differenzen ließen sich auf die Unerfahrenheit der Erheber am Beginn der Untersuchung, besonders was Artenkenntnis und Abgrenzung der Aufnahmeflächen betrifft, zurückführen. Hinzu traten jahreszeitliche Veränderungen der Artengarnitur. (siehe Abschnitt 3) Für die Berechnung der mittleren Zeigerwerte führte dies zu Unterschieden bis zu 0.8 Einheiten auf den jeweils neunteiligen Zeigerwertskalen nach ELLENBERG (1979).

2.2 Probenwerbung

Die Auswahl der Methode der Probenwerbung entscheidet wesentlich über die Möglichkeiten der Interpretation und die Verwendbarkeit von Analysendaten für verschiedene Zwecke. Grundsätzlich können Böden nach geometrischen Tiefenstufen oder genetischen Horizonten, jeweils volumsrichtig oder nicht volumsrichtig, gewonnen werden (Abbildung 3). Das bedeutet, daß unterschiedliche Objekte beprobt und durch Analysedaten beschrieben werden. Bei Beprobung genetischer Horizonte können bei eingeschränkter Nachvollziehbar- und Vergleichbarkeit schärfere ökologische Aussagen getroffen werden. Volumsgerechte Probennahme läßt bei erhöhtem Arbeitsaufwand die Ableitung einer Vielzahl für eine differenzierte ökologische Interpretation benötigter Parameter (z. B. Raumgewicht, Nährstoffvorräte, Nährstoffbilanzen) zu. Die Qualität der Probenwerbung ist von der exakten Bestimmung des Entnahmebereichs, wie z.B. durch ÖNORM L1053, (Abbildung 3) der tatsächlichen Durchführung sowie den verwendeten Geräten abhängig. Mangels detaillierter Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex können bezüglich der Fehlergröße nur Schätzungen angestellt werden; Werte von etwa maximal 10 % erscheinen realistisch, sind jedoch element- und tiefenabhängig.

2.3 Probenaufbereitung

Die Probenaufbereitung stellt eine im Prinzip wohldefinierte, in der Praxis aber fehleranfällige Schnittstelle zwischen Probenwerbung und Analytik dar: Es findet der Übergang von Feldprotokoll (Felddatenmanagement) auf das Laborprotokoll (Labordatenmanagement) statt. Logistische Überlegungen und Ordnungskriterien sind dabei ausschlaggebend:

Hier erfolgt die Zuordnung von Probeflächen im Wald zu fortlaufenden Probennummern für die Analyse unter Berücksichtigung der Tatsache, daß eine Probefläche aus mehreren Einzelprobepunkten bestehen kann, welche zu einer Mischprobe vereint oder aber als Einzelproben analysiert werden können, um das Streuungsmaß zu erhalten. In der Regel besteht eine Beprobungseinheit zumindest aus mehreren Tiefenstufen und/oder genetischen Horizonten.

Diesem Ordnen bzw. Zuordnen der Proben folgt:

- Lufttrocknen und/oder Ofentrocknen, abhängig von der Fragestellung
- Wägen

- Sortieren (Grobmaterial >2mm, Feinmaterial, Wurzeln)
- Homogenisieren
- Erstellen einer Stichprobe
- Sieben
- Feinvermahlen (für bestimmte Fragestellungen)

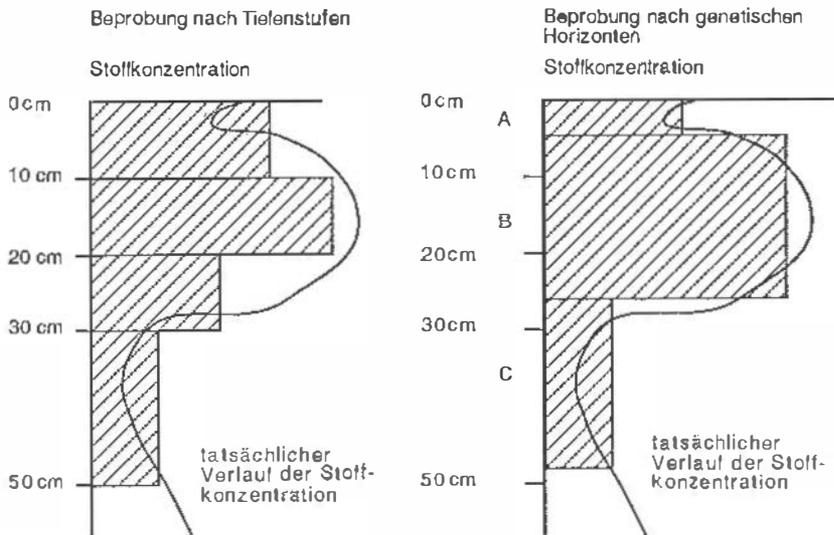


Abbildung 3: tatsächlicher Verlauf der Stoffkonzentration, Verlauf der Stoffkonzentration bei tiefenstufenweiser und horizontweiser Bodenprobennahme, über die Tiefe

2.4 Analytik

Bei der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur hat sich folgender dreigliedriger Analysenrahmen bewährt:

a. Allgemeine Parameter: pH-Wert, Karbonat, org. Kohlenstoff (org. Substanz), Gesamtstickstoff (von den beiden letzten Parametern abgeleitet das C/N-Verhältnis als Maß für die Humusqualität) und als einziger physikalischer Parameter die Korngrößen.

b. Säureauszug: Darunter wird ein Auszug mit heißen, konzentrierten Mineralsäuren verstanden wie z. B. Königswasser oder ein Gemisch aus Salpetersäure-Perchlorsäure, nicht aber ein Flußsäureaufschluß. Mit Ersteren werden nämlich die mittel- bis langfristig (also etwa während einer Umliebszeit von 100 Jahren) den Waldbäumen zur Verfügung stehenden Vorräte an Hauptnährelementen sowie an essentiellen und toxischen Schwermetallen erfaßt. Bei vielen Elementen entsprechen die so ermittelten Gehalte den Gesamtgehalten des Flußsäureaufschlusses oder kommen diesen jedenfalls recht nahe (ca. 90 %). Bei einigen Elementen, wie z. B. bei Chrom machen sie nur etwa 50 %, bei Kalium gar nur etwa 20 % des Gesamtgehaltes aus.

Diese Unterschiede in der Methodik zu kennen, ist von eminenter Bedeutung bei der Verwendung und der verknüpfenden Interpretation von Daten. (Geologen werden meist Gesamtaufschlüsse mit Flußsäure bevorzugen, Bodenkundler einen nicht so vollständigen Auszug mit heißen Mineralsäuren.)

c. Austauschbare Kationen: Von den austauschbaren Kationen sind die Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung ableitbar. Es sind dies die wesentlichen Parameter für die Beschreibung der Filter- und Pufferkapazität bzw. des Säurestatus von Böden.

Diesem dreigliedrigen Grundgerüst können weitere Parameter(gruppen) hinzugefügt werden. Dabei wird man sich an den Wünschen und Vorstellungen beispielsweise auch der GIS-Nutzer orientieren, ohne die analytische und finanzielle Machbarkeit größerer Probenserien zu übersehen. Auf die Österreichische Waldboden-Zustandsinventur bezogen wären solche, teilweise auch schon ergänzend analysierten, Parameter:

mobile Schwermetalle
Anionen
PAH
bodenbiolog. Parameter
- Enzymaktivität
- Bodenfauna

2.5 Methodenabstimmung und Analysenvergleich

Daß die eben genannten Parameter für Bodenzustandsinventuren österreichweit meist nach einheitlichen Methoden analysiert werden, ist auf die Initiative der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (ÖBG) zurückzuführen, die im Jahr 1989 im Auftrag des BMLF eine Broschüre zur Vereinheitlichung der Methoden zur Durchführung von Bodenzustandsinventuren herausgegeben hat. An einer Aktualisierung und Verbesserung dieser Empfehlungen wird derzeit gearbeitet. Dieses österreichische Konzept war auch Vorbild für die Ausarbeitung eines europäischen Waldbodenmonitoringkonzepts.

Einheitliche Methoden sind aber noch kein Garant für übereinstimmende Analyseergebnisse. Daher führt die Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich (ALVA) jährlich eine international besetzte Bodenquete für eine Vielzahl (rund 50) relevanter Bodenparameter durch und wertet sie für eine gemeinsame Diskussion der beteiligten Labors aus. Diese seit Jahrzehnten durchgeführten Ringanalysen waren und sind ein wesentlicher Beitrag für das hohe Niveau der an diesen Untersuchungen beteiligten Labors.

Will man in Österreich großflächig Bodenuntersuchungen durchführen, die auch einem landesweiten Informationssystem zur Verfügung stehen, so sollte die Teilnahme an einschlägigen Bodenqueten eine *conditio sine qua non* sein. Zusätzlich zu empfehlen sind außerdem Analysen von internationalen Referenzmaterialien, wobei die zertifizierten Werte nur eine vergleichsweise geringe Auswahl an bodenkundlich interessanten Parametern (meist nur Gesamtgehalte und/oder Elementgehalte heißer Säureauszüge) umfassen.

Die eben genannten Untersuchungen zählen zu den laborexternen Maßnahmen der Qualitätskontrolle. Laborinterne Maßnahmen sind die Führung von Kontrollkarten, das Mitanalysieren von Blindproben, Standardproben, Referenzproben und Wiederholungsproben.

Die formalen Grundlagen der Qualitätssicherung in der chemischen Analyse sind in der internationalen Normenserie ISO 9000-9004 bzw. in den Euronormen EN 29000-29004 und EN 45000-45003, welche auch den Status einer österreichischen Norm besitzen, festgelegt. Sie werden in diesem Rahmen nicht weiter behandelt, da sie Schwerpunkt anderer Beiträge dieser Tagung sind.

3. Beurteilung der Qualität von Analysenwerten und Standortserhebungen

Abgesehen von methodischen Problemen im engeren Sinn (s.o.) sind jahreszeitliche Einflüsse und natürliche kleinräumige Varianzen innerhalb des Ökosystems wesentlich zu berücksichtigende Faktoren in bezug auf die Datenqualität.

KARRER (1991) untersuchte auf stichprobenartig ausgewählten Standorten der Waldboden-Zustandsinventur die Auswirkungen jahreszeitlicher Schwankungen im Artengefüge der Aufnahmen und deren Effekte auf die durchschnittlichen Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979). Eine typische Probefläche aus dem pannonischen Raum erbrachte im Herbst eine Artenzahl von 25, im Frühjahr von 29. Der hohe Deckungswert der nur im Frühjahr aufgefundenen Arten (Frühjahrsgeophyten wie *Allium ursinum* und *Galanthus nivalis*) ergab bei den mittleren Zeigerwerten nach Ellenberg für diesen Standort Verschiebungen von 0,7 Einheiten für die Stickstoffzahl, 0,3 für die Feuchtezahl und 0,4 für die Lichtzahl, Änderungen, die als ökologisch signifikant zu betrachten sind.

Als weiterer wesentlicher Faktor sind kleinräumige Varianzen der chemischen Parameter innerhalb des Pedons anzusehen. Diese sind von Bodentyp, Entnahmetiefe und Untersuchungsparameter abhängig. MAJER (1988) ermittelte in einem Pilotversuch zur Waldboden-Zustandsinventur für eine okular homogene Probefläche von 65 m² mit Bodentyp Pseudogley, abhängig von Tiefe und untersuchtem Element 1 bis 36 notwendige Beprobungen um Abweichungen von weniger als 20% vom Mittelwert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zu erhalten. Diese Werte sind für Abweichungen von weniger als 10 % bereits zu vervierfachen.

Tabelle 4: Anzahl der notwendigen Beobachtungen für e=10 und e=20 für einige ausgewählte Analyseparameter und Bodenhorizonte, Bodentyp Pseudogley, A- und AP-Horizont (MAJER, 1988, mod.)

Element	Horizont			
	A, e=20	A, e=10	AP, e=20	AP, e=10
C	8	31	6	19
N	5	18	5	18
P	3	10	4	13
Cu	9	34	4	16
Zn	9	36	36	143
Pb	4	13	2	6

Diese Effekte werden durch den jahreszeitlichen Gang verschiedener Analyseparameter überlagert. Da keine detaillierten Untersuchungen der Bodenmatrix zu dieser Problemstellung vorliegen, muß auf Arbeiten zu Chemismus des Bodenwassers im Jahresverlauf zurückgegriffen werden, welches über die Zeitachse rascheren und stärkeren Einflüssen als der Boden ausgesetzt ist. BERGER (1991) beobachtete in Eichenwaldökosystemen auf Pseudogley jahreszeitliche Veränderungen der Sulfat-, Kalzium- und Magnesiumkonzentrationen von 400% und der Ammonium- sowie Nitratkonzentrationen von 1200%. Der pH-Wert schwankte abhängig von Standort und Entnahmetiefe um bis zu mehr als eine pH-Wert-Einheit.

Die räumlichen Varianzen konnten bei der Waldboden-Zustandsinventur durch entsprechende Probenahme (insgesamt 12 „Stiche“ pro Probefläche) weitgehend unter einem mittleren Fehler von 20% gehalten werden. Der jahreszeitliche Gang konnte aufgrund der großen Probeflächenzahl nur ungenügend berücksichtigt werden; bei den Aufnahmen der Vegetation wurde, wo möglich, der Zeitpunkt gewählt, zu dem die Vegetation am besten entwickelt war.

In der Praxis der Bodenbeprobung muß aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes in zahlreichen Fällen in Kauf genommen werden, daß statistische Mindestanforderungen (Tabelle 4) gerade erreicht oder sogar unterschritten werden. Dem gegenüber stehen Analysen mit sehr hoher nominaler Genauigkeit. Es wäre daher nicht sinnvoll, bei Gehalten an der Nachweisgrenze (Bestimmungsgrenze) derzeit tolerierte Absolutabweichungen von 100-200 % mit hohem analytischen Aufwand weiter zu reduzieren.

Bei der Beurteilung von Analysenwerten ist zu beachten, daß ein und derselbe Gehalt eines Elements unterschiedliche Interpretationen zuläßt. Als Beispiel sei hier ein Bleigehalt von 80 ppm in der Tiefenstufe 0-10 cm genannt. Einige Ergänzungsfragen sind dazu notwendig:

Mit welcher Analysenmethode wurden die 80 ppm Blei erhalten?

a. mittels Säureauszug (dem Gesamtgehalt entsprechend)

b. mittels schwachem Auszug zur Erfassung der mobilen (leicht löslichen) Anteile

Gibt es einen deutlichen Tiefengradienten der Bleigehalte?

Tritt ein deutlicher Tiefengradient auf (oben hohe, unten niedrige Gehalte), so ist dieses Faktum meist ein Hinweis auf atmogenen (und damit anthropogenen) Eintrag. Auch wenn die genannten 80 ppm Blei nicht unmittelbar toxisch sind, so ist dies jedenfalls ein Hinweis auf deutliche Immissionsbelastung. Die gleiche Schlußfolgerung ist erlaubt, wenn das Verhältnis zwischen Gesamtgehalt und leicht löslicher Fraktion eng ist. Ist dieses Verhältnis hingegen weit und ein Tiefengradient nicht oder invers vorhanden, so kann auf eine erhöhte Grundausstattung mit Blei geschlossen werden, wobei Immissionseinflüsse und toxische Belastung ausgeschlossen werden können.

Analysenwerte sind meist nicht für sich allein, sondern nur im Kontext mit anderen Parametern sinnvoll interpretierbar.

4. Schlußfolgerungen

Bei allen Bemühungen um einheitliche Probenahme, Standortserhebung und Analytik wird dies europaweit aus vielerlei Gründen nicht leicht zu erreichen sein. Deshalb sind in einer ersten Annäherung auch nicht unmittelbar übereinstimmende Analysenergebnisse das Ziel, sondern das Erhalten gleicher Größenordnungen. Bei einer ersten Interpretation der Daten der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur wurden daher die Daten, unterschiedlich von Parameter zu Parameter, entsprechend ihrer Größenordnung in 5 bis 6 Klassen geteilt und interpretiert. Das Erreichen derselben Klassen, im Grenzbereich zumindest benachbarter Klassen, sollte selbst bei unterschiedlicher Methodik anzustreben sein. Vergleichsanalysen sind auch dazu notwendig. Je-

denfalls sollten politische Grenzen nicht bodenanalytisch nachvollziehbar sein. Gegebenenfalls muß unterschiedliche Methodik zu unterschiedlicher Bewertung führen, um wieder eine einheitliche Interpretation zu ermöglichen.

Eine ähnliche Vorgangsweise wurde bei der Interpretation der Daten der Standortserhebung im Konnex mit den Analysewerten gewählt. So wurden beispielsweise Bodentypen jeweils annähernd ähnlicher bodenkundlicher und chemischer Charakteristik zu Bodentypengruppen gefaßt, Humusformen ähnlicher Umsetzungsdynamik zusammengefaßt bzw. geographische Räume mit ähnlichen naturräumlichen Voraussetzungen (wie Klima, Geologie u.a.) ausgedehnt. Damit ist die Vergleichbarkeit mit Bodenzustandsinventuren mit anderem räumlichen Bezug oder für andere Kulturgattungen gegeben. Besonders die Installierung von staatenübergreifenden Monitoringsystemen in der Mitte der 80er Jahre begünstigte Homologisierungsbestrebungen, was die Aufnahme- und Klassifizierung von Standortparametern betrifft.

Die Zweiterhebung der Waldboden-Zustandsinventur ist für die Jahre 1997-1999 geplant. Dies wird in verstärkter Weise Fragen der „Lebenserwartung“ oder „Haltbarkeit“ von Daten aufwerfen: So wurden wesentliche Teile der Methodik im Jahr 1986 festgelegt, die Probenwerbung erfolgte zwischen 1988 und 1989, die Analyse 1989 und 1990, die Ergebnisse wurden 1992 veröffentlicht. Dabei wurden bei allen Schritten laufend Verbesserungen durchgeführt, soweit dies der Kohärenz des Gesamtsystems nicht zuwiderlief.

Aus der Sicht der Datenanbieter ist zu wünschen, daß sich GIS-Anwender und andere Daten-Nutzer von sich aus vor der Verwendung von Daten über deren Qualität, Entstehungsgeschichte und Methodik informieren, um beurteilen zu können, ob diese für die vorgesehene Auswertung benützt werden können. Vom Anbieter wäre eine Art „Beipackzettel“ zu erstellen, der dem Anwender diese Beurteilung ermöglicht.

Literatur

- [1] BERGER, T.W.: Untersuchungen zum Eichensterben: Aspekte des Stoffhaushalts von Eichenmittelwäldern des Weinviertels unter besonderer Berücksichtigung des atmosphärischen Schadstoffeintrags, Diss. Univ. Boku, 1991
- [2] BLUM W.E.H., DANNEBERG, O.H., GLATZEL, G., GRALL, H., KILIAN, W., MUTSCH, F. und D. STÖHR: Waldbodenuntersuchung: Geländeaufnahme, Probenahme, Analyse - Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich, Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, 1986
- [3] BRAUN-BLANQUET, J.: Pflanzensoziologie - Grundzüge der Vegetationskunde, 865 S., Springer-Verlag Wien-New York, 1964
- [4] ELLENBERG, H.: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (2. Auflage), Scripta Geobot. 9, S.1-122, 1979
- [5] ENGLISCH, M.: Bodenkunde - Einführung. Skriptum zum Hochschullehrgang Geoinformationswesen, S. 1-17, 1992
- [6] ENGLISCH, M.: The humus form pattern in Norway spruce ecosystems at Hochwechsel (Austria), Ann. sci. for. (in Begutachtung), 1993
- [7] FINK, J.: Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs. Mitt. der Österr. Bodenkundlichen Ges. 13, 1968
- [8] KARRER, G.: Waldboden-Zustandsinventur: Die Vegetationsaufnahmen und Möglichkeiten ihrer forstökologischen Auswertung, FBVA Berichte 49, S. 49-61, 1991
- [9] KILIAN, W.: Datenmaterial und Datensysteme der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Geowissenschaftliche Mitteilungen 27, S. 119-127, 1986
- [10] KILIAN, W. und Ch. MAJER: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme, FBVA Berichte, Sonderheft/1990, 1990
- [11] KLİNKA, K., GREEN, R., TROWBRIDGE, R. LOWE L (1981) Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. First Approximation. Land management report 8, Victoria.
- [12] MAJER, Ch.: Untersuchungen zur kleinräumigen Variabilität von Bodenparametern in Waldböden, Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges. 36, S. 67-94, 1988
- [13] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinSTITUT, ÖNORM L1053
- [14] v. ZEJSCHWITZ, E.: Ansprachemerkmale der terrestrischen Waldhumusformen des nordwestdeutschen Mittelgebirgsraums. Geologisches Jahrbuch, Reihe F, 53-105, Hannover, 1976

Anschrift der Autoren:

Dr. Franz Mutsch, Dipl.-Ing. Michael Englisch, Forstliche Bundesversuchsanstalt, A-1131 Wien, Seckendorff-Gudentweg 8