

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 86 (1988)

**Heft:** 7: Prof. Rudolf Konzett in memoriam

**Artikel:** Landinformationssysteme in den USA

**Autor:** Frank, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-233766>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Landinformationssysteme in den USA

A. Frank

Die Einführung eines LIS ist nicht nur ein technisches Problem. Die Einbettung in die gesellschaftlichen Traditionen und Verwaltungsmethoden muss ebenfalls berücksichtigt werden. Am Beispiel der Situation in den Vereinigten Staaten werden einige der institutionellen Aspekte erwähnt, die die Gestaltung eines LIS beeinflussen. Da die Voraussetzungen anders sind als in der Schweiz, stehen andere Anwendungen im Vordergrund des Interesses: Leitungskataster und Eigentumsregister für die Steuerverwaltungen.

In den USA ist man zum Schluss gekommen, dass Lücken im theoretischen Verständnis ebenfalls ein wichtiger Grund für die langsame Verbreitung von LIS-Anwendungen sind. Die Förderung der Hochschulforschung in den Bereichen räumliche Statistik, räumliche Datenstrukturen, Expertensysteme und der computergestützten Kartographie soll auch zur Ausbildung der gesuchten Spezialisten beitragen.

*La mise en œuvre des systèmes d'information du territoire (SIT) ne se heurte pas qu'à des problèmes techniques. Leur intégration dans les traditions sociales existantes ainsi que les méthodes de gestion doivent être prises en considération. Au travers de l'exemple des Etats-Unis, on pourra découvrir ci-dessous quelques aspects institutionnels qui influencent la configuration d'un SIT. Comme le contexte est différent de celui que l'on rencontre en Suisse, on s'y intéresse plus particulièrement à d'autres applications des SIT: le cadastre des conduites et les registres de propriété à but fiscal en particulier.*

*Aux Etats-Unis, on s'est rendu compte que la mise en œuvre de SIT était retardée par des connaissances théoriques lacunaires. L'encouragement de la recherche scientifique dans les domaines de la statistique et des structures de données à référence spatiale, ainsi que des systèmes experts et de la cartographie assistée par ordinateur, doit aussi contribuer à la formation des spécialistes nécessaires.*

## 1. Einleitung

Daten über Grund und Boden, insbesondere über dessen gegenwärtige Nutzung, Eigentumsverhältnisse oder Topographie, werden in den USA dezentral erhoben und verarbeitet. Da auch hier die verschiedensten Amtsstellen solche Daten benötigen, werden die gleichen Daten mehrfach erhoben, was beträchtliche Mehrausgaben zur Folge hat [Wisconsin 1987]. In der Folge wurden Arbeitsgruppen gebildet, die den momentanen Stand erhoben und Vorschläge für Verbesserungen ausgearbeitet haben [Committee on Geodesy 1980, 1983].

In diesem Beitrag wird zuerst als Hintergrundinformation für die Diskussion der Landinformationssysteme (hier LIS genannt) kurz beschrieben, welche Stellung Grund und Boden in den USA haben und wie mit ihnen umgegangen wird. Dann wird speziell auf den Einsatz von Landinformationssystemen eingegangen. Es werden die Schwierigkeiten bei deren Einführung und Einsatz beschrieben, und es wird erwähnt, welche Aktivitäten in den USA zur Verbesserung der Situation unternommen werden. Im Schlusswort werden einige wichtige Punkte zusammengefasst und anhand der beschriebenen aktuellen Entwicklung gezeigt, wie früh Prof. Con-

zett auf solche Entwicklungen hingewiesen und seine Forschungsarbeit darauf ausgerichtet hat.

Bevor mit einer Beschreibung der amerikanischen Verhältnisse begonnen werden kann, muss auf die Schwierigkeit eines solchen Unterfangens hingewiesen werden. Genau so wenig, wie man von einer einheitlichen Situation in bezug auf LIS in der Schweiz ausgehen kann, kann man «die» amerikanische Situation beschreiben. Jeder einzelne Staat stellt spezielle Ansprüche, hat eigene Gesetze und vor allem eine eigene Tradition in diesem Bereich. Die tatsächliche Gestaltung von LIS unterscheidet sich so von Staat zu Staat und von Stadt zu Stadt. Dennoch scheinen sich gewisse gemeinsame Tendenzen abzuzeichnen. Die folgende Beschreibung bleibt aber notgedrungen eine subjektive Einschätzung, die mehr auf zufälligen Beobachtungen als auf systematischen Erhebungen beruht.

## 2. Grund und Boden in den USA

### 2.1 Grund und Boden in der amerikanischen Gesellschaft

Die verschiedenen Regionen des riesigen Landes USA sind von ihrem Charakter her sehr unterschiedlich. Die Situation ist viel-

leicht vergleichbar mit den Unterschieden zwischen den Ländern Europas. Nordamerika wird manchmal in neun grosse «Nationen» unterteilt, die alle eine eigene Kultur, eine andere ökonomische Basis sowie eine andere Abstammung und Geschichte haben [Garreau 1981]. Diese regionalen Unterschiede beeinflussen die Beziehung der Menschen zu Grund und Boden und damit auch zum LIS. Die Menschen in den Ballungszentren an den beiden Küsten haben ein ganz anderes Verhältnis zum Boden als Bewohner der immensen Weiten des «Westens», wo weiträumige Landwirtschaft betrieben wird. Im ariden Süden sind nicht so sehr das Land, sondern die damit verbundenen Wasserrechte von wirtschaftlicher Bedeutung. In Gebieten mit Bodenschätzen müssen vor allem die Rechte zur Ausbeutung erfasst werden.

Die Preise für Grundstücke variieren gewaltig zwischen den unglaublichen Summen, die in den wenigen attraktiven Innenstädten bezahlt werden, und den viel kleineren Beträgen, die in wenig produktiven land- oder gar forstwirtschaftlichen Gebieten verlangt werden. Grundbesitz ist weit verbreitet, denn fast jeder Amerikaner in geregelten Verhältnissen besitzt sein eigenes Haus (unter anderem auch aus steuer-technischen Gründen, denn Hypothekenzinsen fürs eigene Haus sind abzugsfähig, ohne dass ein Eigenmietwert angerechnet wird). Der Wert einer Hausparzelle variiert zwischen weniger als \$ 10 000 in ländlichen Gebieten bis zu weit mehr als \$ 100 000 in den Vororten der attraktiven Ballungszentren und noch mehr in den bekannten Orten für die Berühmten und Reichen. Abgesehen vom Einfamilienhaus-Grundbesitz ist der Boden aber vornehmlich in der Hand von Gesellschaften, entweder für deren Eigengebrauch oder wegen der Aussicht auf Entwicklung oder Nutzungsänderung. Dies gilt zu einem guten Teil auch für Landwirtschaftsgebiete, in denen sich das sogenannte «agro-business» ausbreitet und grosse Unternehmen Farmen aus Konkursen aufkaufen. Schliesslich muss auch erwähnt werden, dass der amerikanische Staat, vor allem in den westlichen Staaten, bis zu 90% des Bodens besitzt und damit der bei weitem grösste Grundeigentümer ist.

Der Bodenmarkt (sprich die Grundstücksspekulation) in den USA scheint die bei weitem wichtigste Quelle zur Begründung grossen Reichtums zu sein. Unerschlossenes Land ist an vielen Orten noch reichlich vorhanden und deshalb billig zu erwerben. Man erinnere sich, dass z.B. bis zum Zweiten Weltkrieg in den kontinentalen USA Land vom Staat verschenkt wurde, was heute nur noch in Alaska gebräuchlich ist. Baureifes Land hingegen, entweder für Einfamilienhaus-Siedlungen oder für kommerzielle Zwecke, wird zu hohen Preisen gehandelt.

## 2.2 Die rechtliche Situation

Das amerikanische Recht ist – ähnlich dem englischen, auf dem es beruht – mehr auf Fallentscheidungen als auf Gesetze abgestützt. Speziell im Bau- und Planungsrecht hat es im Vergleich zum schweizerischen Recht einen mehr kontrasthaften Charakter. Eine bauwillige Partei bringt alle vom Gesetz vorgeschriebenen oder ihr wichtig erscheinenden Fakten bei der lokalen Baubehörde vor. Parteien, die Einspruch gegen ein Bauprojekt erheben wollen, müssen diese Fakten widerlegen, ihre Unglaubwürdigkeit dokumentieren oder Entscheidungen aus früheren Fällen darlegen, die für sie vorteilhaft erscheinen. Die lokale Baubehörde entscheidet dann aufgrund des Vorgebrachten, in der Regel ohne eigene Untersuchungen anzustellen. In einem solchen Verfahren beauftragt die bauwillige Partei normalerweise eine Gruppe von Spezialisten, welche die nötigen Unterlagen beschaffen und sie den verschiedenen Spezialbehörden vorlegen, um die nötigen Bewilligungen einzubringen. Jeder dieser Spezialisten erhebt seine eigenen Daten und verwendet nur in den seltensten Fällen schon vorhandene Unterlagen.

Ein solches Vorgehen bevorzugt die mächtigen Bau- und Landerschliessungsunternehmen und erschwert die Durchsetzung von Interessen der Allgemeinheit. In Gebieten, die plötzlich vom Wachstum erfasst werden, ruft man denn auch nach Regeln, die eine weitergefasste Planung erlauben. Zum Beispiel konnte man dies in den Gemeinden im Süden des Staates Maine beobachten, welche im weiteren Einzugsbereich der Agglomeration Boston liegen und die sich innerhalb weniger Jahre von verschlafenen Dörfern zu modernen Vorstädten entwickelt haben. Bisher sind für die Vertretung der öffentlichen Interessen vor allem Spezialbehörden eingerichtet worden, die nur gewisse spezielle Interessen wahrnehmen. Im Moment scheint zum Beispiel die EPA («Environment Protection Agency», die Umweltschutzbehörde) über besondere Macht zu verfügen. In einzelnen Staaten ist der Schutz von Sumpf und ähnlichen Biotopen («wetlands») besonders ausgeprägt. Das allgemeine Raumplanungsgesetz des Staates Oregon gilt als erfolgreich und wird möglicherweise auch in andern Staaten eingeführt werden.

Die amerikanische Kultur hält die persönlichen Freiheitsrechte besonders hoch, was wohl aufgrund der geschichtlichen Situation verständlich ist. Alles, was nach behördlicher Überwachung des Einzelnen aussieht, wird strikt abgelehnt. Dies verhindert hingegen nicht eine ständig zunehmende Fülle von Regeln, vor allem in der Geschäftswelt. Ein Grundbuch oder ein Einwohner-Meldesystem nach schweizerischem Zuschnitt ist denn hier auch kaum

denkbar. Auch im Bodenrecht gilt – nach lateinischem Vorbild – Vertragsfreiheit. Die Parteien können so beliebige Abreden treffen. Eigentum und andere Rechte an Grundstücken beruhen auf den Rechten des Vorgängers und werden in keinem Fall vom Staat garantiert. Um in einem speziellen Fall ein Recht nachzuweisen, ist eine vollständige Kette von Eigentumsübertragungen seit der «Erschaffung der Welt» vorzulegen im allgemeinen das ursprüngliche Patent des englischen, spanischen oder französischen Königs, bzw. die Vergabe vom amerikanischen Staat. Solche Ketten können zumindest in den Staaten von Neu-England theoretisch recht lang sein. In der Praxis werden aber meist nur etwa die letzten 50 Jahre untersucht. Diese Praxis schliesst aber nicht überraschende Einsprachen durch frühere Eigentümer aus, wie z.B. die berühmten Fälle, wo Indianer ihre Ansprüche geltend gemacht haben.

Schliesslich muss auch die amerikanische «Prozessier-Wut» erwähnt werden. Rechtsanwälte dürfen auf «Provisionsbasis» arbeiten und greifen so oft «interessante» Haftpflichtfälle auf, die sie dann auf eigene Rechnung verfolgen. Der eigentliche Geschädigte erhält bei erfolgreicher Klage in der Regel nur einen Bruchteil der für europäische Verhältnisse astronomisch hohen Entschädigungssumme. Die grossen Unternehmen und Organisationen müssen jederzeit befürchten, langwierige und teure Gerichtsprozesse führen zu müssen und eventuell noch zu horrenden Zahlungen verurteilt zu werden. So müssen auch amerikanische Amtsstellen, die Informationen veröffentlichen, damit rechnen, für Folgen aus eventuellen Fehlern der Angaben haftbar gemacht zu werden.

## 2.3 Institutionen, die sich mit Boden befassen

In den USA gibt es mehrere öffentliche Institutionen, die sich mit Grund und Boden befassen:

Zu einem Teil übernimmt die «registry of deeds» die Funktion des schweizerischen Grundbuches. Sie hält Urkunden und speziell das Datum ihrer Registrierung für Beweiszwecke zur Verfügung. Auch nicht registrierte Verträge können gültig sein, so dass aus dem Schweigen des Registers nichts geschlossen werden kann.

Die Register werden von gewählten Beamten geführt, oder zumindest überwacht, und sind mit minimalen Mitteln versehen. Verwaltungen, insbesondere diejenigen von Gemeinden (town) und Kreisen (county), werden in den USA oft als «notwendiges Übel» angesehen und leiden chronisch unter einem zu knappen Budget.

Auskünfte von der Verwaltung sind normalerweise nur nach arbeitsintensiver Nach-

forschung durch ausgebildetes Personal erhältlich und nur bedingt schlüssig. Trotz dieser grossen Mängel des Verwaltungssystems ist das breite Publikum nicht wesentlich betroffen, obwohl es etwa alle zehn Jahre ein neues Haus kauft und dabei dem Liegenschaftsvermittler oft einige hundert Dollar für die neuerliche Vermessung bezahlen muss. In den allermeisten Fällen werden die Titel, die ein Recht an einem Grundstück ausweisen, gegen Mängel «versichert». So ist der Käufer z.B. geschützt, wenn Mängel in der Kette der Eigentumsübertragung auftreten und der Verkäufer gar nicht über das Eigentumsrecht verfügt. Der «title insurer» nimmt beim Abschluss einer solchen Versicherung eine sehr genaue Überprüfung der Sachlage vor, wobei er oft auch selbst zusätzliche Register anlegt, um Risiken möglichst auszuschliessen.

In den USA besteht kaum eine Tradition von loyalem Beamtentum. Generell wird auch ein «nationaler Notstand» in der Berufsausbildung beobachtet. Der Weg zu vielen höheren Positionen in der Administration führt nicht über eine solide Grundausbildung und eine anschliessende praktische Lehre, sondern über eine humanistische Universitätsausbildung. Auf der andern Seite gibt es extreme Spezialisierungen ebenfalls auf Universitätsebene, «Nationalpark-Verwalter» ist beispielsweise ein verbreiteter Studiengang. Personen ohne Universitätsausbildung besitzen heute in der Regel nicht genügend Grundlagen, um auch nur einfache Büroarbeiten auszuführen. Sie können z.T. nur mit Mühe Englisch schreiben. Dies ist beachtenswert in Anbetracht dessen, dass viele der schweizerischen Grundbucheinrichtungen doch wohl nur dank dem gut ausgebildeten Personal aller Stufen denkbar sind.

Neben der «registry of deeds» gibt es in jeder Stadt und jedem Kreis auch ein Steuerregister, welches alle Grundstücke erfasst. Amerikanische Städte werden vorwiegend aus Steuern auf Grundstücken (Besitz) finanziert, währenddem die Einkommenssteuern vorwiegend in die Bundes- und Staatskassen fliessen. Im Steuerregister werden als Grundlage für die Steuerrechnungen alle Grundstücke mit ihren ungefähren Grenzen, ihren Flächen und ihren Besitzern erfasst und nachgeführt. Die Steuerregister sind aber nicht überall zuverlässig und so widerspiegeln die Einschätzungen neben den Eigentumsverhältnissen manchmal auch die politischen Einflüsse. Aus dem Eintrag im Steuerregister kann im allgemeinen wiederum nicht auf das Eigentum oder die Lage der Grenzen geschlossen werden. Die Steuerregister werden zwar nachgeführt, aber meist macht die Qualität der Daten eine (photogrammetrische) Neuerfassung nach wenigen Jahren notwendig.

## 3. Die Einführung von LIS in den USA

### 3.1 Die Entscheidung über die Einführung eines LIS

Die obige Beschreibung amerikanischer Verhältnisse mag manchem Vermesser vielleicht unnötig lang erscheinen. Sie scheint aber angebracht, wenn man bedenkt, dass die Einführung von LIS in den USA – und wohl nicht nur dort – keineswegs in erster Linie ein technisches Problem ist. Mit den technischen Mitteln, die heute zur Verfügung stehen, kann man im Prinzip Landinformationssysteme einführen. Die damit verbundenen Kosten müssen aber gegen den Nutzen abgewogen werden. Die Entscheidung über die Einführung eines LIS wird nicht von den Sachverständigen, sondern von Unternehmensleitungen, Politikern und Bürgern getroffen, die andere Massstäbe anlegen und nicht-technische Aspekte in den Vordergrund stellen.

### 3.2 LIS in der heutigen Praxis

Um der weitverbreiteten mangelhaften Führung von öffentlichen und privaten Registern mit raumbezogener Information beizukommen und den ständig höheren Ansprüchen an Landinformation gerecht zu werden, wurden bereits mancherorts computergestützte Systeme eingeführt. Zwei Typen von Systemen stehen dabei im Vordergrund:

#### 1) «Utility mapping»-Systeme:

Die Versorgungsunternehmen, wie Wasser-, Elektrizitäts-, Telephon- oder Gasgesellschaften (in den USA kurz «public utilities» genannt), brauchen Unterlagen über ihre Versorgungsnetze. Diese Unterlagen können mit dem heute verfügbaren Personal kaum mehr manuell nachgeführt werden – Automation ist unumgänglich. Vor der Einführung wird im allgemeinen angenommen, dass mit Automation auch eine Kosteneinsparung möglich sei, was aber oft nicht bestätigt wird. Hingegen wird generell beobachtet, dass Dienstleistungen mittels eines computergestützten Systems rascher und qualitativ besser erbracht werden können. Ich nehme an, dass die Angst vor Haftung für Unfälle als Folge von ungenügenden (z.B. Leitungs-) Daten, erheblich zur Realisierung solcher Systeme beiträgt.

Solche «utility mapping»-Systeme sind an verschiedenen Orten, besonders in den Grossstädten im Einsatz. Sie sind nur bedingt mit einem Leitungskataster vergleichbar, weil sie nur unvollständig den Bezug zu andern Objekten enthalten. Die ersten Systeme dienten vor allem zur Unterstützung und Beschleunigung der traditionellen Planerstellung. Die neueren Systeme erlauben den Zugriff auf Daten nach verschiedenen Kriterien und erfüllen damit die Funktion von Informationssystemen.

#### 2) Städtische Verwaltung der steuerlichen Grundstücksdaten:

Immer mehr Stadtverwaltungen führen automatische Systeme zur Verwaltung der steuerlichen Grundstücksdaten ein. In Einzelfällen (z.B. Boston) werden sie sogar von Gerichten dazu gezwungen, damit gerechtere Einschätzungen der Grundstückswerte erstellt werden. In den meisten Fällen wird berichtet, dass durch die verbesserten Systeme Grundstücke «gefunden» wurden, die vorher nicht erfasst waren und deren Steueraufkommen die Kosten des Systems bei weitem decken.

Neben diesen beiden verbreiteten Typen findet man auch folgende Systeme:

Von Grossgrundbesitzern in der Forstwirtschaft und den Forstverwaltungen für Land in öffentlichem Besitz werden automatisierte Systeme zur Verwaltung und Bewirtschaftung von grossen Waldbesitzungen angelegt. Im Norden des Staates Maine, der für amerikanische Massstäbe nicht besonders gross ist, verwaltet eine einzige Organisation ein Waldgebiet von der Grösse eines Viertels der Schweiz.

Sowohl die Grossunternehmen, welche Bodenschätze ausbeuten, als auch die entsprechenden Bundesstellen, z.B. das «bureau of land management» haben angefangen, automatisierte Systeme einzuführen, um die Lage und die genauen Bedingungen eines Schürfrechtes nachweisen zu können. Wiederum waren Probleme mit den manuellen Systemen offensichtlich geworden. Die Unternehmen fürchteten langwierige Gerichtsprozesse und lokale Politiker machten ihren Einfluss geltend und förderten entsprechende Aktionen der Amtsstellen.

Die allermeisten der erwähnten Systeme, die praktisch eingeführt wurden und in täglichem Gebrauch sind, sind für einen einzigen Zweck von einer einzigen Organisation (Amtsstelle oder Firma) aufgebaut worden. Es fällt auch auf, dass die Betreiber der Landinformationssysteme fast durchwegs Organisationen sind, die über beträchtliche Etats verfügen und nicht auf die Gewährung von Mitteln in einem politischen Prozess angewiesen sind. Als Beispiel sei hier das hervorragende System zur Kontrolle der Bodenerosion in Dane County [Morehouse & Broekhuysen 1982] erwähnt.

In Einzelfällen gelang es auch, Mehrzweck-Systeme zu erstellen, z.B. solche für die Erfassung oder die Nachführung von Grundeigentumsdaten für die gleichzeitige Nutzung durch mehrere Benutzergruppen. Neben den oben genannten Systemen, welche vektororientiert sind, werden von Planungsgruppen auch immer wieder geographische Informationssysteme auf Rasterbasis aufgebaut, die für die Abklärung spezieller Probleme notwendig werden (vergleichbar dem schweizerischen Hektarraster).

### 3.3 Ursachen für die langsame Verbreitung von LIS

Drei wesentliche Schwierigkeiten behindern eine rasche Verbreitung von Landinformationssystemen:

#### 1) Mangel an Spezialisten:

Spezialisten, die Landinformationssysteme planen, aufbauen und unterhalten können, werden kaum ausgebildet und sind deshalb sehr schwer zu finden. Nur wenige Hochschulen führen raumbezogene Informationssysteme im Lehrplan. LIS-Spezialisten haben öfters eine Geographie- oder Forstausbildung, manchmal mit einer Einführung in rasterorientierte geographische Informationssysteme. Vermessung wird nur an wenigen Universitäten als selbständiges Fach gelehrt und nur in Ohio, Wisconsin und Maine wird eine Spezialisierung in LIS im Vermessungsstudiengang angeboten.

Es wird heute angenommen, dass im Wesentlichen die mangelnde Ausbildung die Einführung von LIS limitiert. Immerhin gibt es eine kleine Zahl von Firmen, welche Dienstleistungen, vor allem Beratung bei der Einführung von LIS, anbieten. Sie sind besonders aktiv im Bereich der Versorgungsunternehmen, welche einen zuverlässigen Markt darstellen, aber auch im Bereich der kommunalen Steuerverwaltungen.

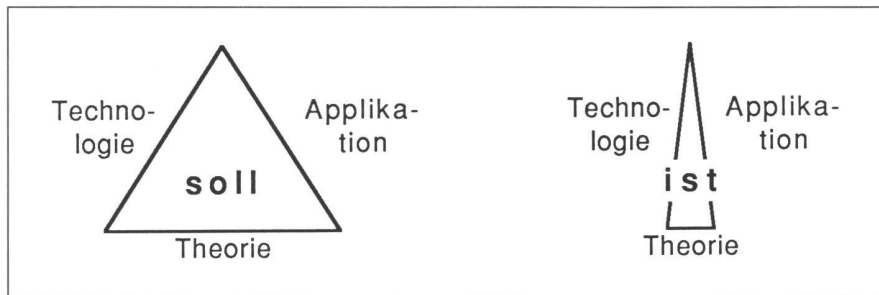
#### 2) Mangelnde theoretische Grundlagen für den Aufbau von LIS:

Die heute bestehenden Systeme bauen alle auf den kommerziell erhältlichen interaktiv-graphischen Systemen auf, welche zur computergestützten Nachführung von graphischen Kartenblättern geschaffen wurden. Sollen sie zu weitergehenden Informationssystemen ausgebaut werden, stösst man schnell an ihre Grenzen. Die verwendeten Methoden der Modellierung von Information sind so einfach, dass Systeme für mehrere Benutzergruppen mit verschiedenen Zielsetzungen, aber teilweise gleichem Datenbestand (d.h. eigentliche Mehrzweckkataster), nicht aufgebaut werden können. Die Übersetzung von gespeicherten Daten in Kartengraphik ist nicht flexibel genug, um den wechselnden Ansprüchen der verschiedenen Benutzergruppen gerecht zu werden. Weiter bieten sie keinen gesicherten Mehrbenutzerbetrieb mit gleichzeitigem Zugriff auf die gleichen Daten.

Von Jack Dangermond, dem Vater von ARC/INFO, wurden im «Spatial Data Handling»-Symposium in Seattle diese praktisch beobachteten Schwierigkeiten klar auf die schmale theoretische Grundlage für LIS zurückgeführt. Dangermond sieht Landinformationssysteme von drei Komponenten bestimmt: Technologie, Anwendung und Theorie, welche im Idealfall in gegenseitigem Gleichgewicht sein sollten. Die momentane Situation hingegen sieht er als unausgewogen an, indem so-



wohl die Technologie, besonders die Hardware, als auch die Nachfrage von der Anwenderseite her stark ausgeprägt sind, die Theorie hingegen nur eine schmale Basis für den Aufbau eines Landinformationssystems bietet. Die folgende Figur soll dies verdeutlichen:



### 3) Spezialisierte Einzweck-Systeme statt universelle Mehrzweck-Systeme:

Der Einsatz von spezialisierten Einzweck-Systemen behindert die Verbreitung von LIS, indem die Software die Benützung derselben Daten für verschiedene Zwecke nicht ermöglicht. Dies führt dazu, dass die gleichen Daten mehrfach von verschiedenen LIS-Betreibern erfasst und nachgeführt werden. So werden vor allem die finanziellen Vorteile, die eine Automation mit sich bringen könnte, nicht ausgenutzt. Die Feststellung der erwähnten Studie im Staat Wisconsin, dass in den Verwaltungen die gleichen raumbezogenen Daten mehrfach erhoben und zum Teil auch mehrfach nachgeführt werden, führte in den ganzen USA zu Anstrengungen, den unnötigen Mehraufwand zu vermindern. Herausragend ist im Moment das Beispiel des Staates Wisconsin, wo die öffentlichen Ausgaben für Landinformation auf gegen 80 Millionen Dollar jährlich geschätzt werden. Eine breitangelegte Kommission kam zum Schluss, dass sich eine Zusammenarbeit der verschiedenen LIS-Betreiber auszahlt und dass eine gemeinsame gute Grundlagenvermessung allen beteiligten Verwaltungsstellen und Versorgungsunternehmen dienen würde. Der Prozess zur Umsetzung der erarbeiteten Erkenntnisse ist hingegen sehr langsam und teuer. Die Koordination fällt schwer, weil kurzfristige Erfolge nicht leicht vorzuweisen sind, z.B. weil eine Grundlagenvermessung fehlt oder die wünschbaren Systeme heute auf dem Markt nicht verfügbar sind.

Das Ergebnis der Studie in Wisconsin ist vor allem eine weitere Verbreitung des LIS-Gedankens und möglicherweise eine verstärkte (informelle) Zusammenarbeit der Beteiligten. Eine Weiterführung der Kommissionsarbeit ist geplant, könnte aber wegen ungesicherter Finanzierung versanden.

### 4) Mangelhafte Grundlagenvermessung:

Die gängige Annahme ist, dass ein Landin-

formationssystem nur auf einer genauen Grundlagenvermessung aufgebaut werden kann (im Sinne eines schweizerischen Triangulationsnetzes 4. Ordnung und des Polygonars). Diese ist im Allgemeinen in den USA aber nicht vorhanden. Trotz der Verwendung von GPS (Global

Positioning System) ist der Aufbau der Grundlagenvermessung zeitraubend und teuer. Trotz grosser finanzieller Aufwendungen bleiben oft Projekte zum Aufbau eines LIS in dieser Phase stecken, da es zu lange dauert, um von der anfänglichen Begeisterung zu den ersten vorweisbaren und praktisch verwertbaren Ergebnissen zu kommen.

### 3.4 Aktivitäten zur Förderung einer raschen Einführung von LIS in den USA

Die amerikanische «National Science Foundation» (dem schweizerischen Nationalfonds vergleichbar) hat auf Betreiben von Praktikern und Wissenschaftlern (vor allem aus dem Gebiet der Geographie, aber auch der Vermessung) die Situation analysiert und beschlossen, ein nationales Forschungszentrum für geographische Information und Analyse zu gründen und für acht Jahre zu finanzieren. Dabei stehen drei Ziele im Vordergrund:

- Intensivierung der Forschung.
- Die vermehrte Ausbildung von Spezialisten für die Erstellung, die Einführung und den Betrieb von raumbezogenen Informationssystemen.
- Die Verbreitung der Kenntnisse in der Praxis (Amtsstellen usw.).

#### 3.4.1 Forschung

Die Forschung soll die folgenden fünf Bereiche abdecken, die für zukünftige raumbezogene Informationssysteme von zentraler Bedeutung sind:

##### 1) Räumliche Statistik und räumliche Analysemethoden

Die heutigen raumbezogenen Informationssysteme dienen vor allem zur Bearbeitung von Routineaufgaben und sind nicht flexibel genug, um nicht vorgeplante Abfragen zu beantworten. Die modernen Methoden der Statistik sind heute in verschiedenen Computerprogrammen für den täglichen Einsatz aufgearbeitet wor-

den und werden dementsprechend auch eingesetzt. Entsprechende Methoden zur Behandlung von raumbezogenen Daten sind zwar bekannt, in den Programmen aber nicht vorhanden und daher nicht leicht anwendbar. Ähnlich sind Verfahren der räumlichen Analyse bekannt, die entweder wegen zu stark vereinfachenden Annahmen oder mangels einfach einsetzbarer Programme nicht verwendet werden. Man nimmt an, dass vor allem dieser Mangel an leicht einsetzbaren Methoden der räumlichen Statistik und Analyse die vielfältige Verwendung von einmal gesammelten raumbezogenen Daten beschränkt.

### 2) Theorie des Raumes und raumbezogene Datenbanken

Das Erstellen von Programmen zur Verarbeitung von raumbezogenen Daten hat sich als schwierig erwiesen. Auch scheinbar einfache Operationen, wie das Über-einanderlegen von zwei Plänen mit Flächeneinteilungen (z.B. das Verschneiden von Parzellen mit den Bonitierungsflächen), sind extrem schwierig zu programmieren. In einem kürzlich durchgeführten Test hat sich gezeigt, dass keines der auf dem Markt erhältlichen Programme in allen Fällen korrekt arbeitet. Die besten Programme versagten nur bei sehr speziell gewählten Fällen, viele aber führten schon bei alltäglichen Aufgaben zu erstaunlich falschen Resultaten. Die geometrischen Vorstellungen des Menschen und die Euklid'sche Geometrie, die vielen Programmierern als Grundlage dient, sind sehr verschieden von Geometrien, die sich mit den endlichen Zahlensystemen der Computer realisieren lassen.

Menschen können geometrische Verhältnisse beschreiben und geometrische Schlüsse ziehen. Diese Fähigkeiten formal zu beschreiben und nachher in Programmen nachzuvollziehen, ist für die Entwicklung von zukünftigen raumbezogenen Informationssystemen notwendig, um z.B. mächtige Abfragesprachen für Datenbanken entwerfen zu können [Boyle 1983].

Es ist klar, dass moderne Landinformationssysteme die gesamte Palette der Eigenschaften von Datenbanksystemen, wie sie heute vor allem für kommerzielle Systeme eingeführt sind, aufweisen müssen. Verlangt wird ein Transaktionskonzept, das den gleichzeitigen Zugriff für mehrere Benutzer bei Gewährleistung der Datensicherheit erlaubt. Es wird auch erwartet, dass der Benutzer auf die Daten zugreifen kann, ohne Unterteilungen in Kartenblätter, Facetten oder Ähnliches berücksichtigen zu müssen. Diese Forderung verlangt nach speziellen raumbezogenen Suchmethoden, für welche denn auch eine Reihe von Lösungen vorgeschlagen, aber noch nicht genügend verglichen und getestet worden sind. Auch Verbesserungen im Datenmodell sind notwendig, damit komplexe geometrische

Objekte einfach in der Datenbeschreibungssprache ausgedrückt werden können. In diesem Bereich werden Anstösse aus den Bereichen Software Engineering und Künstliche Intelligenz erwartet.

## 3) Künstliche Intelligenz

Generell wird erwartet, dass zukünftige Landinformationssysteme im wesentlichen Expertensysteme sind, die nicht nur die raumbezogenen Daten, sondern auch (zumindest einfache) Regeln für das spezielle Anwendungsgebiet berücksichtigen. Solche Regeln können dazu dienen, dem Anwender geeignete Methoden zur Analyse der Daten anzubieten oder vom Einsatz nicht angemessener statistischer Verfahren abzuraten. Regeln sollten auch die Auswahl der für eine Abfrage darzustellenden Objekte und die Art deren Darstellung steuern.

## 4) Visualisierung

Moderne Computersysteme können nicht nur für schnelles Rechnen und zum Speichern von Daten eingesetzt werden, sondern sind auch effiziente Hilfsmittel für die graphische Darstellung. So ist es beispielsweise möglich, zeitliche Veränderungen in der Bodennutzung als «Film» im Zeitraffer auf einem Bildschirm ablaufen zu lassen. Generell gilt ja, dass ein Bild mehr sagt als tausend Worte und dass oft eine Graphik der einzige Zugang zu einer langen Liste von Zahlen ist. Es wird erwartet, dass Forschung in diesem Bereich zu einer wesentlichen Erweiterung des Einsatzes von raumbezogenen Informationssystemen führt. Eine verbesserte Dialogführung soll dem Benutzer die Beantwortung von Fragen über gespeicherte Daten erleichtern.

## 5) Soziale, institutionelle und ökonomische Aspekte

Die Einführung neuer technischer Systeme erfordert nicht nur perfekte Beherrschung der Technik, sondern auch das richtige Erfassen des Umfeldes des Systems. Zu oft wurden technische Lösungen entwickelt, die nicht Antworten auf tatsächliche Probleme waren. Es wird deshalb vorgeschlagen, dass diese nicht-technischen Aspekte einbezogen werden. Es soll zum Beispiel untersucht werden, was die eigentliche Aufgabe des Informationssystems innerhalb der Gesellschaft ist oder wie die von einem solchen System gelieferten Daten Entscheidungen beeinflussen. Daraus lässt sich nachher eine konkrete Abschätzung des Nutzens erstellen, welcher den oft leichter messbaren Kosten gegenübersteht. Diese nicht-technischen Untersuchungen sind aber auch nötig, um zu entscheiden, über welche Funktionalität ein Informationssystem verfügen soll.

### 3.4.2 Vermehrte Ausbildung von LIS-Spezialisten an den Hochschulen

In vielen Fällen wird an amerikanischen Hochschulen nach dem vierjährigen «ba-

chelor of science» oder «bachelor of art» eine weitere Ausbildung zum «master» angeboten, die mehr und mehr für eine Karriere erforderlich wird. Ein «master of science» einer besseren Schule entspricht etwa einem ETH-Diplom.

Raumbezogene Informationssysteme werden bis jetzt vor allem in Geographie-Ausbildungen diskutiert (zusammen mit Kartographie oder Fernerkundung). Die Ausbildung ist recht ingenieurmässig mit vielen Übungen und ist auf eine konkrete Berufsausübung zugeschnitten. Angestrebt wird eine einjährige Vorlesungsfolge, welche die Grundbegriffe der raumbezogenen Informationssysteme einführt und dann allenfalls mit Spezialkursen ergänzt werden kann. Den Ausbildungsgängen fehlt aber leider in vielen Fällen die Möglichkeit, Mathematik und Informatik in genügendem Mass als Grundlagenausbildung einzubeziehen, was die Tiefe der Problemanalysen und die theoretische Durchdringung der Probleme behindert. Die «National Science Foundation» erwartet Vorschläge, wie entsprechend dem Bedarf die Zahl der Studenten mit einer Ausbildung in raumbezogenen Informationssystemen erhöht werden kann. Wahrscheinlich ist eine zweistufige Strategie notwendig, indem zuerst Hochschullehrer ausgebildet werden, die nachher an anderen Schulen entsprechende Vorlesungen anbieten können. Zuerst werden die in diesem Fach führenden Universitäten angesprochen (vor allem Geographie-Departemente, aber auch die besten Vermessungsgruppen), damit sie mehr Doktoranden mit Themen in diesem Bereich ausbilden. Es ist zu hoffen, dass dabei sowohl die geistes- und naturwissenschaftliche Haltung der Geographen, als auch das ingenieurmässige Denken der Vermesser ins Spiel kommt.

### 3.4.3 Weiterbildung der Praktiker

Ein besserer Kontakt zwischen Vertretern der Hochschule und der Anwendungsseite scheint notwendig zu sein und kann zur rascheren Einführung von Verbesserungen in die Praxis führen. Daneben kann ein solcher Kontakt auch dazu dienen, die Prioritäten der Hochschulforschung besser zu setzen. In den USA ist ein enger Kontakt zwischen Praxis und Hochschule zumindest im Bereich der Ingenieurwissenschaften üblich. Hochschulen sind interessiert zu wissen, wie ihre Absolventen in der Praxis beurteilt werden. Ausserdem sind Hochschulinstitute auch zu einem guten Teil auf Forschungsaufträge aus der Praxis angewiesen. Die «National Science Foundation» will nun die Zusammenarbeit zwischen den Anwendern und den Forschern noch weiter verstärken. Dies wird es zum Beispiel ermöglichen, dass Systemhersteller theoretische Erkenntnisse der Forscher früher in ihre LIS-Software einfließen lassen

können. Eine solche Zusammenarbeit kann z.B. in Form der Berücksichtigung von publizierten Forschungsergebnissen beim Entwurf praktischer Systeme erfolgen. Auch der Einbezug von Hochschulangehörigen in ein Entwickler-Team oder die Beschäftigung von spezialisierten Hochschulabsolventen ist denkbar. Weitere mögliche Formen sind die Zusammenarbeit zwischen den grossen Beratungsfirmen und den Hochschulen oder die Vergabe von Forschungsaufträgen an die Hochschulen.

## 4. Schlusswort

In den USA ist heute eine grosse Nachfrage für raumbezogene Informationssysteme zu beobachten. Der raschen Realisierung steht vor allem die Schwierigkeit entgegen, qualifizierte Spezialisten zu finden. Daneben scheinen die theoretischen Kenntnisse über raumbezogene Informationssysteme für die Entwicklung moderner Mehrzwecksysteme nicht zu genügen und deshalb die weitere Entwicklung zu behindern. In überraschendem Ausmass können die von Praktikern laufend beobachteten Probleme auf die theoretisch vorhersagbaren Schwierigkeiten zurückgeführt werden.

In den USA sieht man die Lösung dieser Probleme in der Förderung der Forschung sowie der Aus- und Weiterbildung an Hochschulen. Man ist auch dazu bereit, entsprechende Mittel bereitzustellen. Die «National Science Foundation» hat einen groben Rahmen von Forschungsschwerpunkten aufgestellt, der im Moment von einzelnen Gruppen verfeinert wird.

Im Rückblick mag es erstaunen, wie weit die heutigen Ziele mit Ausführungen übereinstimmen, die vor mehr als zehn Jahren von Prof. Conzett gemacht wurden. So hat er zum Beispiel frühzeitig das Datenbankkonzept konsequent gefördert und sich für geometrische Datenstrukturen interessiert. Das interaktive Programm INTRA, welches die abstrakte Idee von Baardas Zuverlässigkeit eines Triangulationsnetzes graphisch sichtbar und erfühlbar macht, ist ein gutes Beispiel dafür, wie Prof. Conzett stets grosses Gewicht auf die Benutzerfreundlichkeit von Software legte. Seine Arbeiten zeigen einerseits, wie langsam Fortschritt wirklich ist, was man in unserer schnelllebigen Zeit manchmal fast vergessen könnte, und andererseits, wie langfristig Forschung angelegt werden muss, damit sie erfolgreich sein kann.

Prof. Conzett war einer der ersten Vermesser, welcher die Herausforderung der Informatik erkannt und angenommen hat, und sie nicht nur als Hilfsmittel, sondern auch als intellektuelle Disziplin in die Praxis einfließen liess. Diese Haltung wird heute von mehr und mehr Forschern aus dem Gebiet der raumbezogenen Informations-

systeme geteilt. Vermesser und Geographen erfahren, welche tiefgreifenden Umwälzungen sich in ihren Wissenschaften durch den Einsatz der Informatik ergeben.

#### *Literatur:*

A.R.Boyle: Final Report of a conference on the Review and Synthesis of Problems and Directions for Large Scale Geographic Information System Development, NASA Contract NAS2-11346, April 1983.

Committee on Geodesy: Need for a Multipurpose Cadastre, National Academy Press, Washington, D.C. 1980.

Committee on Geodesy: Procedures and Standards for a Multipurpose Cadastre, National Academy Press, Washington, D.C. 1983.

Joel Garreau: The Nine Nations of North America, Avon, New York, 1981.

S. Morehouse, M. Broekhuysen: ODYSSEY/ User's Reference Manual, 1982.

Wisconsin Land Records Committee: Final Report of the Wisconsin Land Records Committee, Madison, Wisconsin, Juli 1987.

#### Adresse des Verfassers:

Prof. Dr. André Frank  
Surveying Engineering  
University of Maine  
Orono, ME 04469, USA

---

## Azimuth transport and the problem of orientation within geodetic traverses and geodetic networks

*E. W. Grafarend*

Mina herrar,  
landmätaren måste stämplas som plattlus,  
han kan inte se i rymden därför att han inte  
läser beskrivande geometri.

Gentlemen, the surveyor must be considered a "plattlus", because he cannot see into the space having not taken my course in threedimensional geometry.

(R. Woxen, f.d. rektor,  
Kungl. Tekn. Högskolan  
Stockholm, Sverige)

**Due to the variation of the local vertical, in which any local positioning system (LPS) operates, standard formulae for computing traverses and networks, separating horizontal and vertical control, generate model errors of the order of 10–30 cm in local regions of less than 1000 m. Here it is demonstrated that line-type traverses are impossible for computation as long as only distance and horizontal/vertical direction have been measured. In contrast, triangular chain-type traverses allow the computation of the variation of the local vertical, e. g. expressed in terms of astronomical longitude/latitude, the variation of the azimuth/vertical direction and therefore the threedimensional rectangular coordinates in the horizontal reference system attached to the initial point. In cases where prior information about model longitude/latitude and the variation of vertical deflections is available, a specific computational scheme for threedimensional rectangular coordinates is derived. Finally rigorous threedimensional observational equations for horizontal/vertical directions and distances within local geodetic networks are set-up. They are expressed in terms of a horizontal reference system attached to the chosen initial point and include three orientation unknowns like in photogrammetric networks, namely the conventional orientation unknown in the local horizontal plane and the differences of astronomical longitude/latitude between the LPS placement and the network initial point. Throughout the order of magnitude of any effect which can be attributed to the variation of the local vertical is estimated.**

### 1. Introduction

For the determination of local point positions the local positioning system (LPS) consisting of a direction measurement system, the theodolite, and a distance measurement system based on electromagnetic wave propagation (EDM) has been proven to be most useful. Powerful software has been developed in order to allow a nearly online positioning. All computer packages to be known to me from technical reports and engineering journal publications neglect the influence of the variation of the local vertical for local applications. Typical is the separation of local horizontal and local vertical control. Horizontal direction measurements are modelled by the arctan-function of the ratio of horizontal y- and x-coordinate difference, in contrast to the vertical direction measurements which are related exclusively by the vertical z-coordinate difference between target point and LPS placement. As the distance the Euclidean twodimensional metric, the twodimensional Pythagoras formula is used.

We have shown in another publication (1987) that in geodetic networks of about 500 m extension the systematic model errors which are caused by neglecting the change of the local vertical due to the earth's variable gravity field will amount to 10–30 cm! Thus the set-up of LPS-observational equations has to take into account the variation of the local vertical to which any LPS refers by the "horizontation procedure", the task of the present contribution. Once the "right" observational equations have been found and being classified as nonlinear they can be linearized with respect to prior positioning information in "geometry and gravity space" and be handed over to the standard linear adjustment procedures.

Chapter one is therefore devoted to set-up the computational equations for geodetic point positioning in a traverse. With refe-