

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: 11

Artikel: Softwarekonzepte für die Datenerfassung im Feld

Autor: Brügger, B.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-233798>

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: 23.02.2026

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

Die beabsichtigten Hauptaussagen waren, dass

- Interaktion wirtschaftlich, psychologisch und sozial bedeutsam ist
- bessere Benützerschnittstellen mit heutigen Mitteln möglich sind
- Interaktions-Entwürfe gründliche Problemanalysen verlangen.

Literatur:

- Bernet, J. 1986: Planen mit CAD – Voraussetzungen und Auswirkungen; Schweizer Ingenieur und Architekt; Nr. 23, 1986; pp. 575–586.
- Birnbaum, J.S. 1985: Toward the Domestication of Microelectronics; ACM Communications; vol. 28, No. 11, November 1985; p. 1228.
- Brügger, B. 1988: Softwarekonzepte für die Datenerfassung im Feld; VPK 11/88 (in diesem Heft).
- Card, S.K., Moran, T.P., Newell, A. 1980: The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems; ACM Communications; vol. 23, No. 7, Juli 1980; pp. 396–410.
- Conzett, R. 1987: Automatische Datenverarbeitung in der Vermessung; Vorlesungsskript, ETH Zürich 1987.
- Frank, A.U. 1987: Geo-Information Engineers: Surveyors in the Information Age; FIG XVIII. Congress Toronto, Bericht 102.1.
- Frank, A.U., Kuhn, W. 1986: Cell Graphs – A Provable Correct Method for the Storage of Geometry; ETH Zürich, IGP Bericht Nr. 119.
- Kieras, D.E., Polson, P.G. 1985: An approach to the formal analysis of user complexity; Int. Journal of Man-Machine Studies; vol. 22; pp. 365–394.
- Kuhn, W. 1985: Zur Entwicklung Interaktiver Programme und Systeme; VPK 2/85; pp. 44–49.
- Kuhn, W. 1986: LIS and the User – Looking for Easier Ways to do Geometric Constructions; FIG XVIII. Congress Toronto, Bericht P 305.2.
- Nickerson, R.S. 1981: Why interactive computer systems are sometimes not used by people who might benefit from them; Int. Journal of Man-Machine Studies; vol. 15, 1981; pp. 469–483.
- Nievergelt, J. 1982: Errors in Dialog Design and how to avoid them; in: Nievergelt, J. et.al. (Eds.), Document Preparation Systems; North Holland 1982.
- Reisner, P. 1981: Formal Grammar and Human Factors Design of an Interactive Graphics System; IEEE Transactions on Software Engineering; vol. SE-7, No. 2, März 1981; pp. 229–240.
- Shneiderman, B. 1983: Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Languages; IEEE Computer; vol. 16, No. 8, August 1983; pp. 57–68.
- Shneiderman, B. 1987: Designing the User Interface – Strategies for Effective Human-Computer Interaction; Addison-Wesley 1987.
- Smith, D.C. et.al. 1982: Designing the STAR User Interface. BYTE April 1982; pp. 242–282.
- V+D 1987: Die Zukunft unseres Bodens; Reform der Amtlichen Vermessung; Politischer Bericht.
- White, R.M. 1988: HILS – Human Interface to Least Squares, Benutzeranleitung; ETH Zürich, IGP Bericht Nr. 152.
- Wigger, U. 1988: DATAUF – ein Programmsystem zur Aufbereitung und Verwaltung von Vermessungsdaten; VPK 8/88; pp. 427–433.
- Wild 1985: System 9 – Preliminary Description; Wild Heerbrugg, Oktober 1985.

Adresse des Verfassers:
Werner Kuhn
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich

Softwarekonzepte für die Datenerfassung im Feld

B. Brügger

Im vierten und letzten Beitrag aus der Informationstagung vom 23./24. Oktober 1987 über die Ausbildung des Kulturingenieurs in Informatik im Vermessungswesen an der ETH Zürich geht es um die Datenerfassung im Feld. Schon seit einigen Jahren werden auf diesem Gebiet elektronische Rechner eingesetzt, ohne dass, wie in anderen Anwendungsgebieten, revolutionäre Arbeitserleichterungen und Steigerungen der Produktivität beobachtet wurden. In diesem Aufsatz werden Denkweisen des modernen Software Engineering angewandt, um nach Gründen dafür zu suchen.

In einem ersten Teil werden die Problemstellung der Datenerfassung für ein Landinformations-System (LIS) analysiert und darauf basierend ein Anforderungskatalog für die Erfassungsssoftware aufgestellt. In einem zweiten Teil werden drei mögliche Modellierungen für Erfassungsssoftware beschrieben und diskutiert. Das Vermessungsfachwissen, welches in ein solches Modell fliesst, entscheidet über die «Intelligenz» der Software und somit über ihren Gebrauchswert. Für jedes der drei Modelle wird beschrieben, wie dieses Fachwissen formuliert werden kann, wie die Art der Formulierung die «Intelligenz» des Modells beschränkt und wie sich der «Intelligenz-Grad» eines Modells auf die Erfassungsarbeit auswirkt.

1. Einleitung

Mit dem Aufkommen von elektronischen Theodoliten und Tachymetern wurde der Einsatz von Computern im Feld aktuell. Die primäre Aufgabe der Feld-Software ist die Verwaltung der anfallenden Daten. Ausserdem kann die verfügbare Rechenleistung zur Unterstützung der Feldarbeit eingesetzt werden. Die computerunterstützte Datenerfassung verspricht eine Rationalisierung der Arbeit und eröffnet neue Möglichkeiten im Feld.

Dieser Aufsatz zeigt, wie verschiedene Konzepte der Feld-Software sich auf die mögliche Unterstützung der Datenerfassung im Feld auswirken und wie sich die klassischen Arbeitsabläufe dabei ändern. Im zweiten Abschnitt wird die *Problemstellung* bei der Datenerfassung näher be-

Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich
Separata Nr. 140.

Cet article, le quatrième et dernier issu des exposés lors des journées d'information sur la formation en informatique dans la mensuration des ingénieurs du génie rural à l'EPFZ, traite de l'acquisition des données sur le terrain. Depuis quelques années déjà, des instruments électroniques interviennent dans ce domaine, mais un allègement du travail et une augmentation de la productivité révolutionnaires, comme observés dans d'autres domaines d'application, se font ici attendre. Des manières de penser de l'ingénierie moderne en logiciel (Software Engineering) sont employées pour chercher des raisons à cette révolution retardée.

Dans une première partie, le problème de l'acquisition de données pour un système d'information du territoire (SIT) est analysé, et basé sur cette discussion, un catalogue des exigences pour les logiciels d'acquisition est mis en place. Dans une seconde partie, trois modèles possibles pour logiciels d'acquisition sont décrits et discutés. Le savoir professionnel en mensuration, contenu dans un tel modèle, décide de l'«intelligence» du logiciel et par conséquent de sa valeur d'utilisation. Pour chacun des trois modèles est décrit: comment l'on peut formuler ce savoir professionnel et comment la manière de le formuler peut limiter l'«intelligence» du modèle. Les conséquences du «degré d'intelligence» des modèles pour le travail d'acquisition sont discutées.

trachtet. Die Feld-Software wird dabei als Teil eines Landinformationssystems (LIS) betrachtet. Vorerst wird in einem Überblick beschrieben, welche Arten von Daten im Feld anfallen. Dann werden die Auswirkungen der dem LIS zugrunde liegenden Modellierung auf die Feldarbeit kurz erwähnt und schliesslich Anforderungen an die Erfassungs-Software zusammenge stellt.

Die Abschnitte 3 bis 5 stellen *drei mögliche Modellierungen* von Erfassungs-Software vor. Die beiden ersten sind sehr ähnlich zu heute im Einsatz stehenden Erfassungs-Systemen. Zwischen den hier vorgestellten Modellierungen sind beliebige Zwischenstufen denkbar. Die Diskussion der drei Varianten basiert vor allem auf dem im Abschnitt 2 zusammengestellten Anforderungskatalog. Auf Fragen über die nötige Hardware oder über die Implementierung (wie z.B. die Gestaltung der Datenübertragung) wird nicht eingegangen.

Im sechsten Abschnitt werden einige *Schlussfolgerungen* aus den Erkenntnissen des Vergleichs gezogen.

ell geführten Handriss. Die Realisierung des Felderfassungs-Teils als Software öffnet die Möglichkeit, den Aufnahmeleiter bei der Datenerfassung zu unterstützen. Im *Büro-Teil des LIS* werden die erhobenen Daten später mit den Daten vereinigt, welche nicht im Feld verfügbar waren und werden für weitere Untersuchungen bereitgehalten. Die Problemstellung wird hier für den Fall eines LIS diskutiert, ist aber auf andere, weniger umfassende Anwendungen übertragbar.

Ziel der Feldarbeit ist die Erfassung von *Geoobjekten*, insbesondere deren Geometrie. Unter dem Begriff Geoobjekte sollen hier physikalische Objekte verstanden werden, die für das LIS erfasst werden sollen: *Punkte* verschiedener Bedeutung (Polygonpunkte, Grenzpunkte, Triangulationspunkte, Höhenkoten, usw.), *Parzellen*, *Gebäude*, *Strassen*, *Gewässer*, *Leitungen*, *Nutzungsflächen*, usw.

Die Erfassung von Geoobjekten kann in zwei Teilschritte unterteilt werden:

1. Die Erkennung einer physikalischen Erscheinung als ein zusammengehörendes

Objekt, das in eine abstrakt definierte Objektklasse des LIS fällt.

2. Die Bestimmung der Geometrie des Objekts.

Entsprechend diesem Vorgehen fallen die folgenden Klassen von Daten an:

Erkennungsdaten

Diese Daten beschreiben primär die Existenz und Art eines Objekts im untersuchten Ausschnitt der Welt. Für ihre Erhebung werden *erkennende Sensoren* eingesetzt. In den meisten heutigen Anwendungen übernimmt der Aufnahmeleiter die Funktion des erkennenden Sensors. In Zukunft werden zum Teil Bildverarbeitungsanlagen zum Einsatz kommen. Erkennungsdaten geben weiter Auskunft über Existenz und Art von Teilobjekten, aus denen das Objekt besteht. Z.B. werden bei einem Gebäude Wände mit geradem oder kreisförmigem Grundriss erkannt. Weitere Teilobjekte stellen charakteristische Punkte wie Hausecken oder Giebelpunkte dar, welche die Geometrie des Objekts festlegen. Die Erkennungsdaten umfassen weiter noch die topologischen Beziehungen des Objekts zu andern Objekten, sowie der Teilobjekte untereinander. Weiter können Erkennungsdaten gewisse nicht geometrische Attribute des Objekts beschreiben: z.B. den Punktnamen oder die Punktnummer bei Triangulationspunkten; die Assekuranznummer, Nutzung oder Art bei Gebäuden, usw. Bei der klassischen Datenerfassung werden Erkennungsdaten meist in einem Handriss verwaltet.

Quantitative Daten

Quantitative Daten werden mit Hilfe von *quantitativen Sensoren* erfasst. Alle klassischen Messgeräte gehören zu dieser Klasse von Sensoren: Theodolit, EDM, Messband, Thermometer, usw. Quantitative Daten dienen zur Beschreibung von relativen metrischen Beziehungen zwischen charakteristischen Punkten der Objekte.

2. Problemstellung

2.1. Überblick

Abb. 1 zeigt die Situation bei der Datenerfassung. Das LIS (Landinformationssystem) ist die Institution betraut mit der Erfassung, Verwaltung und Weiterverarbeitung von raumbezogenen Daten. Der *Aufnahmeleiter* (im klassischen Fall der Beobachter oder der Sekretär) sammelt mit Hilfe von *Sensoren* (geodätische Messgeräte, Thermometer, Sensoren für Bildverarbeitung, usw.) Daten zur Beschreibung eines Ausschnittes der realen Welt. Der *Felderfassungs-Teil des LIS* verwaltet die anfallenden Daten. Im klassischen Fall besteht dieser Felderfassungs-Teil aus dem Feldbuch und dem Handriss. Heute ist es der im Feld verfügbare Teil der LIS-Software, allenfalls ergänzt durch einen manu-

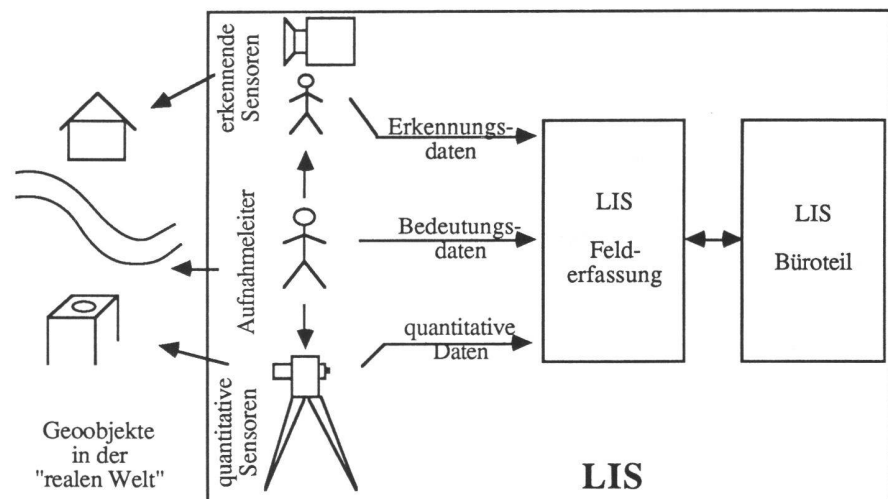


Abb. 1: Datenerfassung als Teil eines LIS

Daten über die Bedeutung der quantitativen Daten (kurz Bedeutungsdaten)

Die quantitativen Daten fallen meist in Form von zusammengehörenden Tupeln an. So bilden z.B. 1. und 2. Lage bei Höhenwinkelbeobachtungen, der 1. und 2. Halbsatz bei Satzmessungen oder EDM-Ablesungen mit Meteodaten Tupel, die in der weiteren Berechnung als Ganzes verarbeitet werden. Die Bedeutungsdaten legen fest, welche Stellung ein Sensorwert in einem solchen Tupel hat. Weiter beschreiben sie, auf welche charakteristischen Punkte sich die quantitativen Daten beziehen. Die Bedeutungsdaten werden vom Aufnahmeleiter oder von Software erzeugt, welche die erkennenden und die quantitativen Sensoren steuern.

2.2. Das LIS und seine Modellvorstellung

Die LIS-Software interpretiert alle Daten aufgrund einer Modellvorstellung über die Welt. Diese Modellvorstellung legt quasi eine Welt von Objekten fest, welche mit bestimmten Operationen verändert und manipuliert werden kann.

Die Modellvorstellung beschränkt die Menge aller möglichen Objekte auf die für die Anwendung relevanten Objekte. Sie legt weiter fest, durch welche Daten ein Objekt beschrieben wird und zum Teil auch, wie diese Daten erhoben werden müssen.

Geoobjekte und Tupel von Sensorwerten sind solche Objekte in einem LIS. Nicht relevante Geoobjekte fehlen in der Modellvorstellung. Auch bei den Sensorwerten werden nicht alle möglichen Arten von Tupeln unterstützt. Ein bestimmtes LIS kann z.B. in der Triangulation nur reine Richtungssätze und Höhenwinkelpaare verarbeiten, während Satzmessungen, bei denen Richtung und Höhe angezielt werden, nicht unterstützt werden. Die Modellvorstellung legt etwa fest, dass unter einem «Haus» z.B. Grundriss, Assekuranznummer und Gebäudeart zu verstehen ist. Bei einem Richtungssatz wird z.B. vorausgesetzt, dass bei der Entstehung eine gewisse Reihenfolge der Messungen eingehalten wurde und dass eine maximale Anzahl Visuren nicht überschritten wird.

Daten können nur bei Einhaltung der Modellkonventionen von der Software so weiterverarbeitet werden, dass die davon abgeleitete Information sinnvoll ist. Der Aufnahmeleiter lernt die Modellvorstellung während seiner Ausbildung oder bei Instruktionen genau kennen. Die LIS-Software kann im Feld die Einhaltung der Konventionen durch entsprechende Dialoggestaltung und durch eine Help-Funktion erleichtern. Weiter kann ein System in gewissen Fällen nicht modellkonforme Daten durch Konsistenztests erkennen, aber kaum je die nötige Korrektur automatisch durchführen.

Daten, welche der Modellvorstellung widersprechen, sind nicht für weitere Verarbeitung brauchbar. Sie können – falls sie nicht erkannt werden – den Gebrauchswert der modellkonformen Daten stark reduzieren, denn der Systembenutzer kann sich nicht mehr darauf verlassen, dass alle aus den Daten abgeleiteten Informationen sinnvoll sind.

2.3. Anforderungen an die Erfassungs-Software

a) Datenfluss:

Ein wichtiges Ziel jedes LIS ist ein automatischer Datenfluss innerhalb des Systems. Deshalb müssen alle Teile des Systems die selben Modellvorstellungen über die Daten haben, die sie austauschen. Sonst ist kein automatischer Datenfluss möglich. Allenfalls kann noch der Eingriff eines Operateurs die Modellunterschiede überbrücken.

Der Felderfassungs-Teil und der Büro-Teil der LIS-Software sind solche Systemteile, welche Daten austauschen. Über die Forderung einer gleichen Modellvorstellung über die ausgetauschten Daten beeinflusst der Büro-Teil des LIS den Feld-Teil und damit auch die Erfassungsarbeit.

b) Datenqualität

Die erfassten Daten sind das wertvolle Produkt der Feldmessung. Deshalb soll die Registrier-Software möglichst die Erreichung und Erhaltung einer hohen Datenqualität unterstützen. Dazu müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

- *Falsche Bedeutungsdaten:* Falsche Eingaben von Bedeutungsdaten sollen entweder gar nicht möglich sein oder zumindest von der Erfassungs-Software aufgedeckt werden. Ansonsten wird selbst bei korrekten Sensordaten die Information verfälscht.
- *Falsche Erkennungsdaten:* Inkonsistente Erkennungsdaten sollten wenn möglich vom System aufgedeckt werden (z.B. nicht geschlossene Parzellen, überschneidende Grundflächen von Häusern, usw.).
- *Grob falsche quantitative Daten:* Grobe Fehler in Daten von quantitativen Sensoren sollten wenn immer möglich aufgedeckt werden (grobe Fehler in den Beobachtungen). Die Daten werden dabei auf Widersprüche untereinander (z.B. bei doppelter unabhängiger Beobachtung) und zur Modellvorstellung (z.B. negative Exzentrumsdistanz) geprüft. Neben der Erkennung von Widersprüchen kann die Software in einigen Fällen feststellen, dass gewisse Sensordaten sehr unwahrscheinlich sind (Plausibilitäts-Test) und den Aufnahmeleiter warnen (z.B. bei einer grossen Temperaturänderung innerhalb von kurzer Zeit). Je früher ein Fehler entdeckt wird, desto billiger ist in der Regel seine Behebung.

- *Zuverlässigkeit:* Die Software soll die Zuverlässigkeit der Netze unterstützen. So kann gewährleistet werden, dass alle Beobachtungen genügend kontrolliert sind und mit grosser Wahrscheinlichkeit keine groben Fehler in den Daten stecken.
- *Genauigkeit:* Die Software soll die Einhaltung einer vorgegebenen Genauigkeit unterstützen (z.B. in der Tachymetrie).
- *Vollständigkeit:* Die Vollständigkeit der Daten soll überprüft werden, so dass keine Eingabe vergessen werden kann, die für die spätere Auswertung nötig ist (z.B. Instrumenten-Höhe).
- *Korrektheit:* Die Software sollte dem Benutzer die Möglichkeit anbieten, die Daten mit der Wirklichkeit zu vergleichen, da Abweichungen zur Wirklichkeit nicht unbedingt zu Widersprüchen führen oder unplausibel sind. Dies ist z.B. durch eine wirklichkeitsnahe Darstellung der erhobenen Daten möglich.

c) Dialog

Die Gestaltung des Dialogs entscheidet mit über den Gebrauchswert der Erfassungs-Software.

Bei einem nicht problemnahen, komplizierten Dialog ist die Häufigkeit von Bedienungs- und Eingabefehlern gross. Als Folge können Verfälschungen von Daten vorkommen (z.B. korrekte Sensordaten mit falscher Bedeutung).

Der Dialog entscheidet darüber, ob die zur Verfügung stehenden Mittel optimal eingesetzt werden können. Die Software darf die Freiheit des Benutzers nicht durch fehlende Flexibilität einschränken (z.B. durch eine stur vorgeschriebene Reihenfolge der Eingabe von Stationierungsdaten, wie Instrumentenhöhe, Exzentrizitätsdistanz, usw.). Dies würde unnötig die Einarbeitung für neue Benutzer verlängern und die Produktivität hemmen.

3. Modell 1: Speicher mit fixer Datenstruktur

In diesem Kapitel wird die erste von drei möglichen Modellierungen von Erfassungs-Software beschrieben. Die Erfassungs-Software bildet einen Speicher mit fixer Datenstruktur nach, d.h. kein vermessungsspezifisches Wissen ist im Modell enthalten.

3.1. Beschreibung des Modells

In diesem Abschnitt wird der Aufbau des nachgebildeten Speichers näher beschrieben. Der Speicher kann mit einer einzigen Art von «Datenblöcken» gefüllt werden, d.h. die Datenstruktur ist fix. Jeder Block besteht aus einem Code und drei Informationen Info1, Info2, und Info3. Der Einfachheit halber sollen alle vier Felder eines

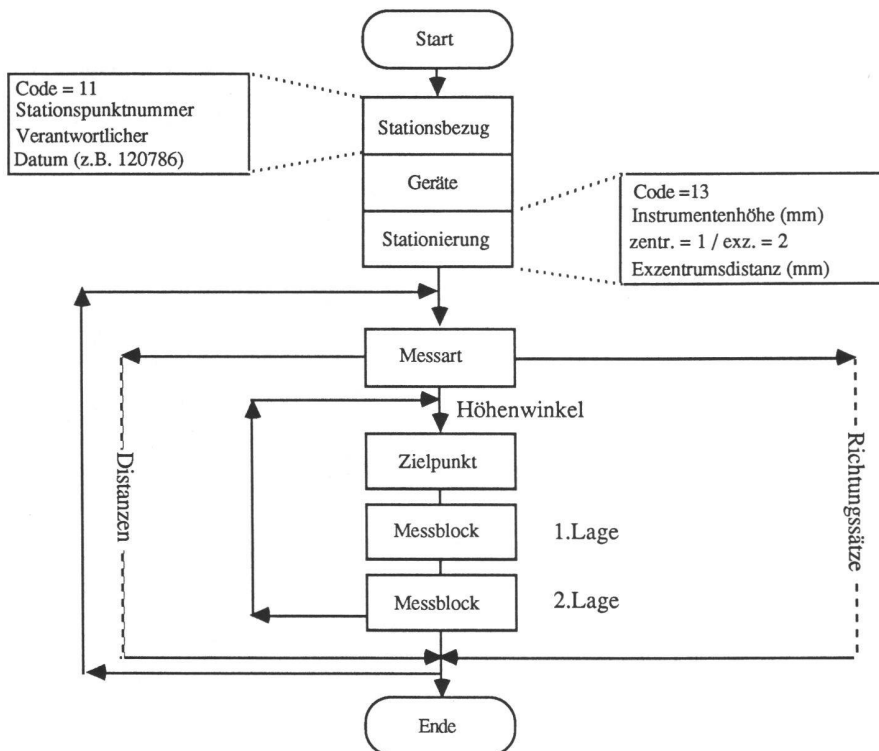


Abb. 2: Ein Beispiel für Konventionen zur Codierung der Vermessungs-Daten in die Speichersprache

Blocks nur ganze Zahlen (Integer) als Wert annehmen können.

Der Benutzer kann einen neuen Block füllen und im Speicher anfügen. Er kann aufgrund der Positionsnummer im Speicher einen Block editieren und löschen.

3.2. Arbeitsablauf und Datenfluss

Die Auswirkung der gewählten Modellierung auf den Arbeitsablauf im Feld und auf den Datenfluss soll hier beschrieben werden.

Die Speicherung von Erkennungsdaten erfolgt einfacher in einem Handriss als mit Hilfe der Erfassungs-Software. Die Erfassungs-Software soll lediglich die quantitativen und Bedeutungsdaten verwalten. Da das System über kein Vermessungswissen verfügt, muss der Benutzer *ausserhalb des Systems* gewisse Konventionen aufstellen, wie die anfallenden Vermessungsdaten in die verfügbare «Speichersprache» codiert werden. Die Speichersprache bietet als Sätze Blöcke an, die stets aus vier Worten bestehen (Code, Info1, Info2, Info3). Die Konventionen können derart gewählt werden, dass ein Übertragungsprogramm automatisch die Rückübersetzung von der Speicher-Sprache in die Vermessungs-Sprache des LIS übernehmen kann. Die Konventionen können z.B. durch eine Syntax für die Codierung festgelegt werden, welche die zulässige Reihenfolge von verschiedenen Eingaben beschreibt. Den verschiedenen Feldern der Blöcke werden dabei Bedeutungen zugewiesen. Abb. 2 zeigt ein Beispiel für sol-

che Konventionen aus dem Gebiet der Triangulation: Syntaxdiagramm und zwei Beispiele für die Bedeutung der Felder in einem Block. (Die Äste «Distanzen» und «Richtungssätze» wurden nur angedeutet und nicht in ihrer Syntax dargestellt). Man erkennt, dass relativ viele Bedeutungsdaten neben den eigentlichen Sensordaten eingegeben werden müssen (ausser den beiden Messblöcken, der Instrumentenhöhe und der Exzentrumsdistanz sind alles Bedeutungsdaten).

Die Erfassungs-Software kann nicht auf die verwendete Büro-Software angepasst werden, denn das Modell befasst sich nicht mit dem Inhalt der Speicherplätze und sagt somit nichts über die Daten aus, welche mit dem Büro-Teil des LIS ausgetauscht werden. Die Anpassung erfolgt erst durch die Festlegung der Konventionen und der Implementierung des zu den Konventionen passenden Übertragungsprogramms.

Der Aufnahmeleiter führt also im Feld einen Handriss und codiert die quantitativen Daten und Bedeutungsdaten gemäss bestimmter Konventionen, um sie ins Registriergerät eintippen zu können. Erst im Büro überträgt er manuell die Daten des Handrisses in die dortige LIS-Software. Ein Übertragungsprogramm übernimmt die Rückübersetzung der registrierten Daten von dem im Speicher verwendeten Code-Format in die vom Büro-Teil des LIS festgelegte Datenstruktur. Die umformatierten Daten werden dann der LIS-Software des Büros übergeben. Das Umfor-

matierungs-Programm setzt voraus, dass alle Codierungs-Konventionen genau eingehalten worden sind. Wegen der relativ komplizierten Codierung (z.B. bei Triangulation) wird dies nur in den seltensten Fällen zutreffen. Wie ein Compilerprogramm, das bei Syntaxfehlern im Programmtext keine Übersetzung in Maschinencode ausführen kann, kann auch das Übertragungsprogramm seine Aufgabe nicht erfüllen, wenn Codierfehler bei der Eingabe ins Registriergerät gemacht wurden. Der Aufnahmeleiter muss dann die gespeicherten Daten mit Hilfe eines Editors (auf dem Bürorechner) korrigieren.

Abb. 3 gibt einen Überblick über die Arbeitsabläufe und den Datenfluss. Die Modellierung unterstützt nur die Verwaltung von quantitativen Daten und Bedeutungsdaten. Der Datenfluss in den Büro-Teil der LIS-Software erfolgt im Normalfall nicht automatisch, da bei Codierfehlern Korrekturen durch einen Operateur nötig sind. Erst im Büro werden Inkonsistenzen in den eingegebenen Daten (z.B. grobe Messfehler, Visuren auf nicht existierende Situationspunkte, usw.) aufgedeckt. Dasselbe gilt für Widersprüche der neuen Daten zu dem LIS schon bekannten Teilen der Welt. Die Behebung dieser Inkonsistenzen macht den Eingriff eines Operateurs nötig.

3.3. Unterstützung der Datenqualität

Da das Modell nichts über die Bedeutung der gespeicherten Werte aussagt, kann die Datenqualität hinsichtlich falscher Bedeutungsdaten, grober Messfehler, Zuverlässigkeit, Genauigkeit, Vollständigkeit und Korrektheit nicht unterstützt werden. Das System weiss nichts über die Codierungs-Konventionen und kann demzufolge dem Aufnahmeleiter nicht helfen, Codierfehler zu vermeiden.

3.4. Dialog

Der Dialog mit dem Benutzer wird nicht in einer problemnahen Sprache geführt. Er basiert auf den Speicherblöcken des Modells, die nicht aus der Vermessungswelt stammen. Die Eingaben sind schwierig, da immer Codier-Konventionen beachtet werden müssen. Entsprechend häufig sind Eingabefehler.

Um die Konventionen einfach zu halten, wird meist auf Flexibilität bei der Eingabe verzichtet. So kann z.B. bei der Eingabe von Stationierungsdaten (Datum, Instrumentenhöhe, Exzentrizitätsdistanz, Instrumentennummern, usw.) eine feste Reihenfolge vorgeschrieben sein, die nicht unbedingt mit dem Anfallen der Werte übereinstimmt. Solche fehlende Flexibilität erfordert eine unnötige Anpassung des Arbeitsablaufs an das Registrierhilfsmittel, verlängert so die Einarbeitungszeit und hemmt die Produktivität.

Das Sichten der schon eingegebenen Daten und damit der Vergleich mit der Wirk-

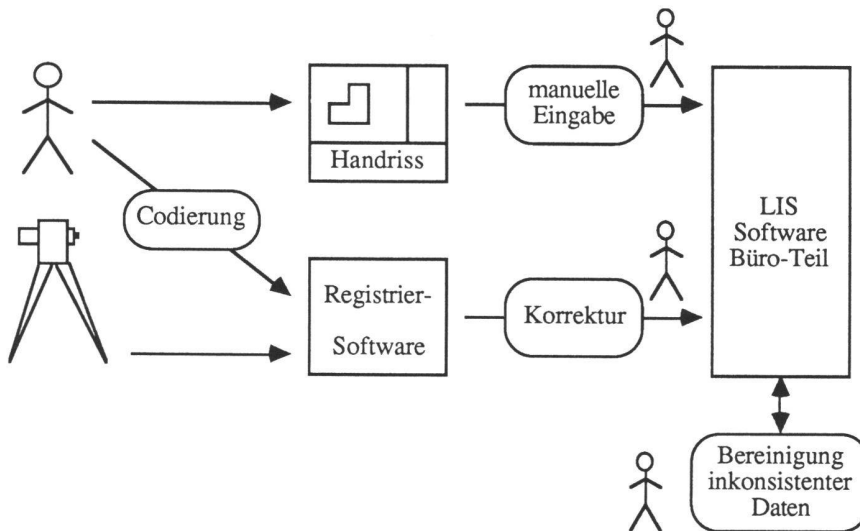


Abb. 3: Arbeitsabläufe bei der Verwendung der Modellierung «Speicher mit fixer Datenstruktur»

lichkeit ist schwierig. Dies ist auf die Verteilung zusammenhängender Daten auf mehrere Blöcke und auf die Codierung zurückzuführen. Entsprechend gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass Eingabefehler nicht erkannt werden.

Der Aufnahmeleiter wird nicht darin unterstützt, nur solche Daten zu erheben, welche von der LIS-Software weiterverarbeitet werden können.

4. Modell 2: Speicher mit benutzerdefinierten Datenstrukturen

Bei dieser Modellierung arbeitet die Erfassungs-Software wiederum als Speicher, bietet aber nun die Möglichkeit von verschiedenen, vom Benutzer definierbaren Datenstrukturen. Mit dieser Definition der Datenstrukturen erfolgt eine Anpassung an den verwendeten Büro-Teil der LIS-Software. Diese Modellierung gewährleistet, dass die Struktur der zwischen Feld- und Büro-Teil ausgetauschten Daten übereinstimmt. Die Definition von Datenstrukturen zur Formulierung des LIS-Modells für das Feld ist aber nicht ausdrucksstark genug, um etwas über die Entstehung der Daten oder die Beziehungen zwischen den Datensätzen (records) auszusagen. Konsistenztests können somit lediglich einen Datensatz erfassen und umfassendere Tests wie Zuverlässigkeits-Berechnungen oder Tests auf grobe Fehler in Netzen sind nicht möglich.

Als Datenstrukturen können Datensätze aus vordefinierten Grunddatentypen wie Integer, Real, String und Mengentyp aufgebaut werden. Die Wertebereiche der einzelnen Felder können z.B. über die Angabe des minimalen und maximalen Werts eingeschränkt werden. Bei jedem Feld kann bestimmt werden ob die Eingabe obligatorisch oder fakultativ ist.

Für die Eingabe und Abfrage von Daten kann zu jedem Datensatz eine Bildschirm-Maske definiert werden. Sie erleichtert durch Beschriftung der Felder und Anzeige der Eingabefelder die Arbeit des Benützers. Der Aufnahmeleiter sieht die Erfassungs-Software als komfortable Verwaltung von einfachen Feldbuchformularen (Masken), die er füllen und editieren kann. Suchfunktionen erleichtern die Arbeit.

Als Implementierung eines derartigen Modells kann man z.B. die kommerzielle relationale Datenbank «UNIFY» ansehen. Es bedarf lediglich der Erweiterung, dass gewisse Felder von Masken durch automatische Übertragung eines Messwerts vom Sensor zum Feldrechner gefüllt werden können. Deutlich wird dabei, dass die Modellierung nicht vermessungsspezifisch ist. Lediglich die Datenstrukturen sind der Anwendung angepasst.

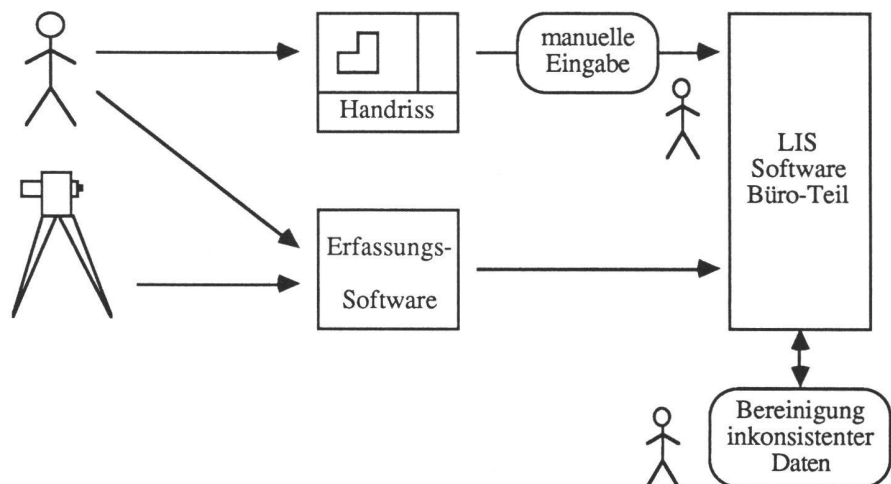


Abb. 4: Arbeitsabläufe bei der Verwendung der Modellierung «Speicher mit benutzerdefinierter Datenstruktur»

4.2. Arbeitsablauf und Datenfluss

Da keine graphischen Eingaben möglich sind, erfolgt die Speicherung von Erkennungsdaten einfacher in einem Handriss. Die Eingabe von quantitativen Daten und Bedeutungsdaten erfolgt direkt in die Formulare. Nachdem mit Positionierungstasten ein entsprechendes Feld angefahren wurde, wird z.B. mit dem Drücken einer Funktionstaste der entsprechende Messwert in das Feld übertragen. Im Büro werden wiederum die Handrissdaten manuell in die Büro-Software eingegeben, während die quantitativen Daten und Bedeutungsdaten automatisch von einem Programm übertragen werden. Wie bei der ersten Modellierung werden gewisse Inkonsistenzen in den Daten und Widersprüche zu früher erhobenen Daten erst im Büro-Teil der LIS-Software aufgedeckt. Dies macht den Eingriff eines Operators nötig. Abb. 4 stellt den Datenfluss und die Arbeitsabläufe dar.

4.3. Unterstützung der Datenqualität

Die Erfassungs-Software unterstützt die Erreichung der gewünschten Datenqualität durch die Definition von verschiedenen Datentypen für jedes Feld und die Einschränkung der Wertebereiche, sowie die bessere Gestaltung des Dialogs. Fehler bei der Eingabe von Bedeutungsdaten sind gegenüber der Modellierung als Speicher mit fixer Datenstruktur viel unwahrscheinlicher geworden. Die Stellung der einzelnen Sensorwerte in einem Tupel wird durch die Struktur des Formulars ausgedrückt. Der Bezug zu den Geoobjekten wird über die Benennung (meist Nummern) der betroffenen Punkte eingegeben. Der Aufnahmeleiter sorgt ohne Systemunterstützung für die Benennung aller verwendeten Punkte (von Triangulationspunkten bis Detailpunkten). Es liegt in seiner Verantwortung, dass die Benennungen im Handriss mit denen in den For-

mularen übereinstimmen. Das System kann nicht erkennen, wenn (z.B. durch Tippfehler) auf dem Handriss nicht existierende Benennungen eingegeben werden. Derartige Inkonsistenzen werden erst nach der Übertragung der gespeicherten Daten in den Bürorechner und der manuellen Eingabe des Handrisses aufgedeckt. Die Beziehungen zwischen verschiedenen Datensätzen (z.B. einem Stationierungs-Datensatz und mehreren Richtungssatz-Datensätzen) kann nur über die Referenzierung eines Schlüssels erfolgen (Angabe der Stationierungsnummer und Numerierung der Sätze durch den Benutzer). Da das System über kein Wissen über Beziehungen von Datensätzen verfügt, kann es den Benutzer nicht darin unterstützen (z.B. durch automatische Nummerierung der Sätze) und auch keine falschen Referenzierungen aufdecken (z.B. Referenzierung einer nicht existierenden Stationierungsnummer).

Durch die Definition des Wertebereichs jedes Felds können gewisse grobe Eingabefehler (z.B. Tippfehler) aufgedeckt werden. Grobe Messfehler werden nicht unbedingt erkannt. Dazu müssten die Werte von verschiedenen Feldern (z.B. 1. und 2. Lage) und verschiedenen Datensätzen (z.B. Stationsausgleichung von mehreren Richtungssätzen, Netzausgleichung) miteinander in Beziehung gebracht werden. Zuverlässigkeit und Genauigkeit können bei dieser Modellierung nicht unterstützt werden, denn das Modell kennt den Netzbegriff nicht.

Die Vollständigkeit kann zu einem Teil über die obligatorisch erklärte Eingabe von bestimmten Feldern gewährleistet werden. Aber z.B. schon die Forderung, dass in jeder Visur beide Lagen beobachtet werden sollen, kann nicht über obligatorische Felder formuliert werden (denn die Anzahl Visuren in einem Satz kann nicht vorgegeben werden).

Widersprüche zwischen den Daten und der Wirklichkeit können bei dieser Modellierung nicht leicht vom Aufnahmeleiter erkannt werden, da die formularartige Darstellung der Daten nicht sehr wirklichkeitsnah ist. Es ist z.B. nicht leicht ersichtlich, wenn der Grundriss eines Hauses aufgrund der Messungen nicht rechtwinklig wird.

Die Formulare gewährleisten, dass keine Daten über Objekte erhoben werden, die in der LIS-Welt nicht vorkommen. Hingegen kann man nicht sicher sein, dass bei der Entstehung der Datentupel die Modellvorstellungen über die Reihenfolge der Beobachtungen eingehalten wurden.

4.4. Dialog

Die Dialoggestaltung scheint im Normalfall recht komfortabel zu sein. Die Häufigkeit von Bedienungsfehlern ist im Vergleich zur ersten Modellierung sicher minim. Die Referenzierung von Geoobjekten

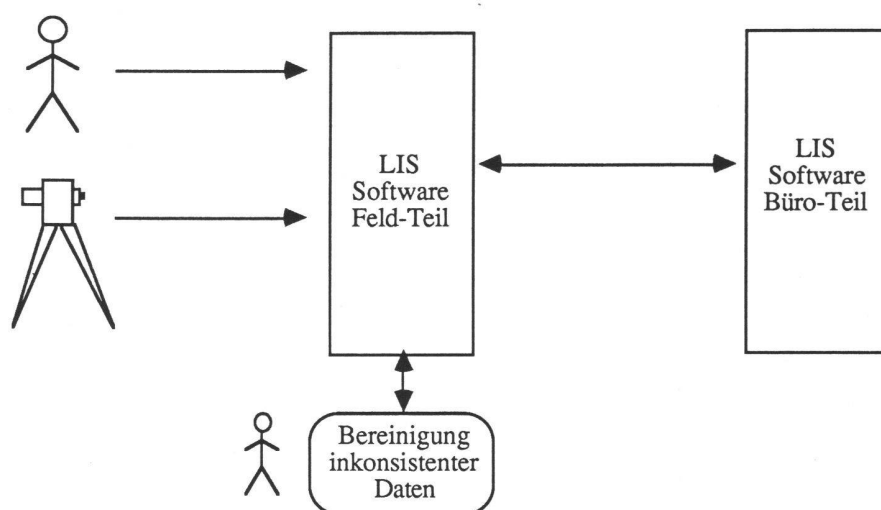


Abb. 5: Arbeitsabläufe bei der Verwendung des «Vermessungsmodells»

über deren Punktbenennung verlangt häufiges Eintippen von langen Nummern. Darin liegt die Gefahr von Tippfehlern. Die Möglichkeit, Defaults zu setzen oder die Punktnummer automatisch zu inkrementieren, kann nur in wenigen Fällen eine Verbesserung bringen. Wenn in Ausnahmefällen ein Punkt umbenannt wird, so muss in allen Formularen die Nummer des vorkommenden Punkts geändert werden. Wenn oft zwischen verschiedenen Formularen gewechselt wird (z.B. beim Vergleich von mehreren Richtungssätzen auf einer Station), kann der Dialog mühsam sein.

5. Modell 3: Vermessungsmodell

5.1. Beschreibung des Modells

Im Gegensatz zu den letzten zwei Modellen sind die Modellierungen von Erfassungs-Software und Büro-Software beim Vermessungsmodell ganz aufeinander abgestimmt. Zur Formulierung der Modellvorstellungen wurde in beiden Teilen eine höhere Programmiersprache benutzt. Bei Verwendung von modernen Software-Engineering Methoden ist es möglich, in Programmiersprachen sehr komplizierte Modelle zu formulieren. Die Modellierung der Daten, welche zwischen den Teilen des LIS ausgetauscht werden, ist identisch. Dies impliziert natürlich, dass es nicht möglich ist, die selbe Feld-Software zusammen mit mehreren, verschieden modellierten Paketen von Büro-Software einzusetzen.

Das Vermessungsmodell umfasst viel Vermessungs-Wissen, das in den beiden früher besprochenen Modellierungen fehlte. So beinhaltet das Modell z.B. Wissen über die Entstehung gewisser Objekte (z.B. Reihenfolge der Messungen in einem Richtungssatz), die Zusammenhänge zwischen den Daten (z.B. 1. und 2. Lage,

Sätze auf der gleichen Station, usw.), das stochastische Verhalten der Messungen, usw. Neben verschiedenen Tupeln von Sensordaten kennt das Modell auch den Netzbegriff und kann so die verschiedenen Sensordaten in Beziehung zueinander setzen.

Die schon bekannten Daten über das zu vermessende Gebiet werden von der Erfassungs-Software mit ins Feld genommen. Aufgrund dieser Daten zeigt der Bildschirm des Feldrechners einen Plan des Gebiets. Der Aufnahmeleiter orientiert sich anhand dieses Planes, skizziert zusätzliche Geoobjekte mit einem Lichtgriffel oder ändert schon vorhandene Geoobjekte ab. Die Beziehung zwischen den Sensordaten und den Geoobjekten wird hier nicht über Referenzierung der Punktbenennungen geschaffen. Mit dem Lichtgriffel werden die geplanten Visuren skizziert und anschließend die entsprechenden Beobachtungen ausgeführt. Ähnlich wie beim Programm «HILS» (das auch in dieser Reihe von Artikeln vorgestellt wird) werden die erhobenen quantitativen Daten dazu verwendet, den Plan auf dem Bildschirm auf den neuesten Stand zu bringen. Aus den Skizzen der Geoobjekte werden also massstäbliche Darstellungen.

Dank des «eingebauten» Vermessungsfachwissens bietet die Software mehr als nur eine Speicherfunktion. Sie unterstützt den Benutzer massgeblich in der Erreichung einer guten Datenqualität. Dank der Verfügbarkeit von früher erhobenen Daten im Feld kann die Konsistenz der erhobenen Daten garantiert werden.

5.2. Arbeitsablauf und Datenfluss

Abb. 5 zeigt den Datenfluss und die Arbeitsabläufe bei der Registrierung mit einem vollen Vermessungsmodell. Das System verwaltet sowohl Erkennungsdaten, als auch quantitative Daten und Bedeu-

tungsdaten. Die systemexterne Führung eines Handrisses und dessen manuelle Eingabe fallen weg. Alle registrierten Daten werden automatisch in den Büro-Teil übertragen. Inkonsistenzen in den Daten und Widersprüche zu schon bekannten Teilen der Welt werden schon im Feld erkannt und beseitigt. Je früher Inkonsistenzen erkannt werden, desto kleiner ist der Aufwand für deren Bereinigung. Die Möglichkeit, schnell Kontrollmasse zu erheben und die Situation vor Ort zu beurteilen erleichtert vielfach die Bereinigungsarbeit.

5.3. Unterstützung der Datenqualität

Die Modellierung macht die Eingabe von falschen Bedeutungsdaten fast unmöglich. Auch die Gefahr von Tippfehlern bei der Referenzierung von Punkten wie im Modell 2 fällt weg. Der Benutzer ist der Verantwortung enthoben, die Punktbenennung konsistent zu halten oder z.B. Richtungssätze selbst zu numerieren.

Fehler in den Erkennungsdaten sind ebenfalls praktisch ausgeschlossen. Das System deckt Widersprüche zur Modellvorstellung auf (z.B. nicht geschlossene Grundrisse von Gebäuden) und die planartige Darstellung der Objekte auf dem Bildschirm macht dem Benutzer Fehler sichtbar.

Die Software kann grobe Fehler in den Beobachtungen schon im Feld aufdecken. Mit einfachen Vergleichen von 1. und 2. Lage, Stationsausgleichungen und Netzausgleichungen kann die Software die Daten mit Hilfe von statistischen Tests auf Konsistenz testen. Auch Widersprüche von Messwerten zur Modellvorstellung (z.B. negative Exzentrumsdistanz) können aufgedeckt werden. Plausibilitätstests können den Aufnahmeleiter bei unwahrscheinlichen Eingaben warnen (z.B. bei grosser Temperaturänderung in kurzer Zeit).

Die Software unterstützt den Aufnahmeleiter in der Einhaltung einer vorgegebenen Genauigkeit und einer vernünftigen Zuverlässigkeit. Sie weist den Aufnahmeleiter auf nicht oder schlecht kontrollierte Messungen hin.

Es ist nicht mehr möglich, die Erhebung wichtiger Daten zu vergessen (z.B. Instrumentenhöhe). Das System unterstützt den Aufnahmeleiter in der vollständigen Erfassung.

Die Anschaulichkeit des Planes auf dem Bildschirm unterstützt den Benutzer in der Beurteilung der Korrektheit der Daten. So sieht der Aufnahmeleiter z.B., dass das eine Haus zu nahe an einem andern steht oder wegen eines groben Messfehlers ein Haus nicht rechtwinklig ist. Da gewisse Fehler nicht unbedingt zu Widersprüchen in den Daten führen (z.B. Identifikationsfehler), ist diese Möglichkeit der Überprüfung wichtig. Als weiteres Beispiel sei die tachymetrische Erhebung eines digitalen Geländemodells erwähnt: Während der Aufnahmeleiter Punkte zur Beschreibung der Geländeoberfläche einmisst, zeichnet die Software einen entsprechenden Höhenlinienplan auf den Bildschirm und bringt ihn nach jeder eingehenden Messung auf den neusten Stand. Mit den angezeigten Geoobjekten als Orientierungshilfe kann der Aufnahmeleiter erkennen, wenn er zu kleine Punktdichten wählt oder aus einem andern Grund die Beschreibung der Geländeoberfläche ungenügend ist. Eine ähnliche Situation zeigt sich bei der punkweisen Erfassung und automatischen Linieninterpolation bei natürlichen Objekten (z.B. Seeufer).

5.4. Dialog

Im Gegensatz zu den beiden früher beschriebenen Modellen ist der Dialog hier speziell an die Probleme der Felderfassung angepasst. Dies ermöglicht den sinnvollen Einsatz von Graphik. Die Modellierung kann eine Abfragesprache vorsehen, die beliebige, aus den Daten ableitbare, Fragen beantwortet. Ein wichtiges Anwendungsgebiet davon sind Absteckungsprobleme.

Der problemspezifische Dialog ermöglicht z.B., dass Situations- und andere Punkte nicht numeriert werden müssen, denn die Referenzierung von Punkten erfolgt über das Zeigen mit einem Lichtgriffel auf die graphische Darstellung von Geoobjekten.

Aber auch wenn die Punkte benannt werden, so wird dem Aufnahmeleiter das häufige und fehleranfällige Eintippen von Punktnummern erspart. Wie bei vielen modernen Benützerschnittstellen tritt «erkennen und zeigen» an Stelle von «erinnern und eintippen».

6. Schlussfolgerungen

Im zweiten Abschnitt wurden die Problemstellung der Datenerfassung näher betrachtet und Anforderungen an die Erfassungs-Software zusammengestellt. Die drei folgenden Abschnitte stellten mögliche Modellierungen von Erfassungs-Software vor.

Zwischen den drei hier beschriebenen Modellierungen gibt es beliebige Zwischenstufen. Während die ersten beiden Modelle grosse Ähnlichkeit zu bestehenden Erfassungssystemen zeigen, ist das Vermessungsmodell in dieser Konsequenz erst mit zukünftiger Feldhardware realisierbar.

Die computer-unterstützte Datenerfassung entwickelt sich immer mehr vom Registriergerät, welches fest zu einer Sensorfamilie gehört, weg. Bei moderner Datenerfassung stehen die Software und deren Modellierung im Vordergrund. Neuere Entwicklungen von Erfassungs-Software werden immer häufiger in einer höheren Programmiersprache für kommerziell verfügbare portable Rechner durchgeführt. Produkte wie Kern's ELFIE und die Erfassungs-Software von Swissair-Photo sind gute Beispiele dafür.

Zukünftige Erfassungs-Software wird als Teil eines Pakets von LIS-Software entworfen und entwickelt und wird mit verschiedenen Sensoren kommunizieren können. Zusätzlich zur Speicherfunktion der Software wird vor allem die Unterstützung der Datenqualität an Bedeutung gewinnen.

Adresse des Verfassers:

Beat P. Brügger
University of Maine
Department of Surveying Engineering
120 Boardman Hall
Orono, ME 04469
U.S.A.