

Wolfgang Gaul und Martin Schader

DATENANALYSE UND ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Gliederung:

1. Motivation

- 1.1 Einige Einsatzmöglichkeiten computergestützter Entscheidungsunterstützung bei der Datenanalyse
- 1.2 Historischer Rückblick und Entwicklungstendenzen unter Einbeziehung wissenschaftlicher Ansätze

2. Beispiele aus eigener Forschung

- 2.1 Prototyp zur computergestützten Entscheidungsunterstützung bei der Gleisbelegung für Bahnhöfe und Stellwerke
- 2.2 Prototyp zur computergestützten Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Datenanalyseverfahren für die Marktforschung

3. Ausblick

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden für den Bereich Datenanalyse Entwicklungstendenzen computergestützter Entscheidungsunterstützung unter besonderer Berücksichtigung wissenschaftlicher Ansätze behandelt. Zuerst werden einige intuitiv einsichtige Situationen, in denen der Einsatz computergestützter Entscheidungsunterstützung im Zusammenhang mit Datenanalyzesituationen sinnvoll sein kann, betrachtet, danach wird ein kurzer historischer Rückblick über die bisherige Entwicklung dieser Forschungsrichtung und ihre Berührungspunkte zu wissenschaftlichen Ansätzen gegeben. Vor diesem Hintergrund werden dann aus den Interessengebieten der Autoren zwei Prototypen zur wissenschaftlichen Entscheidungsunterstützung für spezielle Datenanalyseproblematiken vorgestellt. Ein Ausblick auf Weiterentwicklungstendenzen gibt Hinweise auf zukünftige Aktivitäten in diesem Gebiet.

1. Motivation

Zu den frühen (wissenschaftlichen) Aktivitäten der Menschheit gehörte auch schon das Sammeln und Analysieren von Daten und Informationen (z.B. über Wetterbedingungen und Ernteerträge, aber auch über wie auch immer deutbare Vorzeichen künftiger Ereignisse), die zur Vorbereitung und Unterstützung von Entscheidungen herangezogen werden konnten.

Eine erste Frage zu Beginn dieser Arbeit ist deshalb, ob man über ein solch "altes" Thema wie DATENANALYSE & ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG überhaupt noch eine weitere Abhandlung verfassen soll oder ob man es wegen seiner ständigen "Aktualität" nicht immer wieder muß. Wir haben uns hier offensichtlich für die zweite Antwortmöglichkeit entschieden und hoffen, die Aktualität neuerer Entwicklungen in diesem Bereich—insbesondere durch Einbeziehung wissenschaftlicher Ansätze—hinreichend verdeutlichen zu können. Nicht zuletzt deshalb werden wir den kurzen historischen Rückblick mit Betonung auf computergestützter Entscheidungsunterstützung

und Berücksichtigung der Einsatzmöglichkeiten von wissensbasierten Systemen auf einen Zeitraum beschränken, in dem die Beziehungen zwischen "Informatik" und "Datenanalyse und Statistik" sowie der Entwicklungsstand in den einzelnen Teilgebieten die Erstellung bereits kommerziell einsetzbarer Software erlaubte.

1.1 Einige Einsatzmöglichkeiten computergestützter Entscheidungsunterstützung bei der Datenanalyse

Das Vorhandensein einer engen Verbindung zwischen den Begriffen "Datenanalyse" und "Entscheidungsunterstützung" ist—wie der eingangs erfolgte historische Hinweis zeigt—offensichtlich. In einem engeren Sinne sind Datenanalysen selbst Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung, in einem weitergefaßten Sinne ist zu überlegen, welche Hilfsmittel zu einer sinnvollen computergestützten Entscheidungsunterstützung im Zusammenhang mit Datenanalysefragestellungen benötigt werden und welche Teilbereiche im Rahmen einer allgemeineren Sichtweise zur Behandlung von Datenanalyseproblemen, z.B. aufgefaßt als Prozeß mit den Phasen "Problemerkennung" $\xrightarrow{(1)}$ "Datensammlung und -aufbereitung" $\xrightarrow{(2)}$ "Datenanalyse" $\xrightarrow{(3)}$ "Entscheidung", geeignet unterstützt werden können.

Eine offensichtlich wünschenswerte Eigenschaft von Entscheidungsunterstützungssoftware im Datenanalysebereich wäre die Fähigkeit, bei Vorliegen entsprechend aufbereiteter (z.B. unter Einsatz von Datenanalysetechniken) Daten (Hinweise auf) Entscheidungsalternativen bereitstellen zu können. Damit würde vor allem der Übergang $\xrightarrow{(3)}$ unterstützt (Eine dieser Aufgabenstellung am ehesten gerecht werdende Prototypentwicklung wird in Abschnitt 2.1 beschrieben. Der Prototyp unterstützt eine Gleisbelegung für Bahnhöfe und Stellwerke (siehe Schader (1988)).).

Eine weitere wünschenswerte Eigenschaft von Entscheidungsunterstützungssoftware im Datenanalysebereich wäre die Fähigkeit, bei Vorliegen entsprechend aufbereiteter Daten (Hinweise auf) darauf anwendbare Datenanalysetechniken bereitstellen zu können. Damit würde vor allem der Übergang $\xrightarrow{(2)}$ unterstützt (Eine dieser Aufgabenstellung am ehesten gerecht werdende Prototypentwicklung wird in Abschnitt 2.2 beschrieben. Es handelt sich um den Prototyp DANEX (Data ANalysis EXpert), der in der jetzigen Implementierungsphase bei entsprechender Datengrundlage die Auswahl von Verfahren aus den Bereichen "Clusteranalyse" und "Multidimensionale Skalierung" unterstützt (siehe Böckenholt, Both, Gaul (1987a), (1987b)). Einen objektorientierten Ansatz zur Unterstützung der Verfahrensauswahl bei qualitativen und gemischten Daten beschreibt Tüshaus (1988b)).).

Schließlich wäre eine wünschenswerte Eigenschaft von Entscheidungsunterstützungssoftware im Datenanalysebereich die Fähigkeit, bei Vorliegen geeigneter Problembeschreibungen (Hinweise auf) benötigte Datengrundlagen bereitstellen zu können. Damit würde vor allem der Übergang $\xrightarrow{(1)}$ unterstützt.

In Abb. 1 sind die genannten Entscheidungsunterstützungsmöglichkeiten nochmals dargestellt. Zusätzlich enthält Abb. 1 Hinweise auf einige Wissensbereiche, die bei der Ausgestaltung von computergestützten Entscheidungshilfen Berücksichtigung finden könnten.

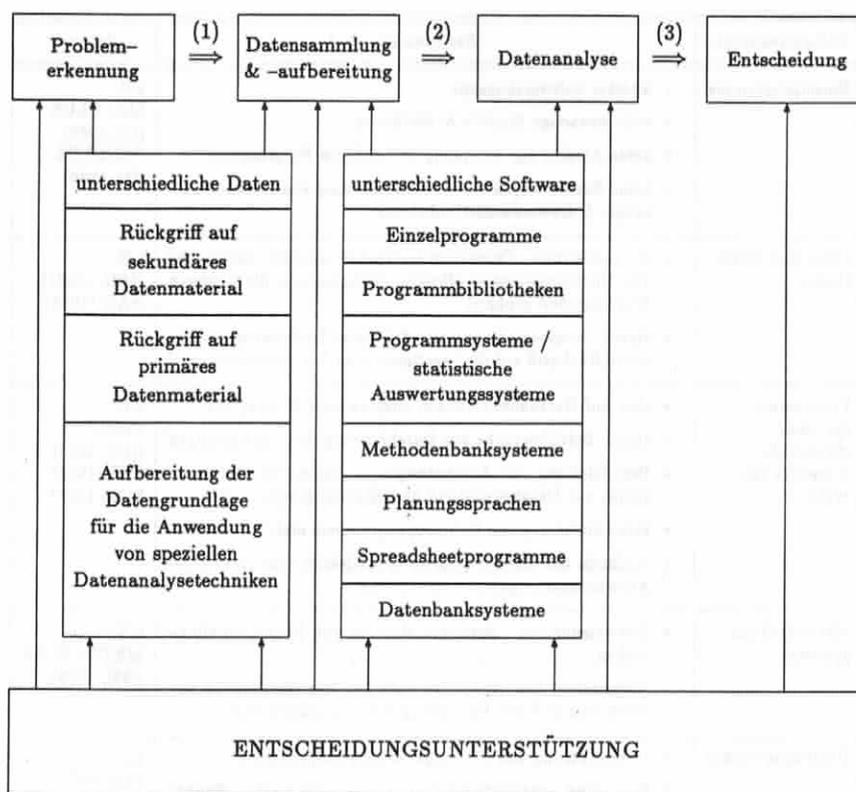


Abb.1: Entscheidungsunterstützungsmöglichkeiten in der Datenanalyse

In die Phase der "Problemerkennung" fallen z.B. auch erste Überlegungen und Fragestellungen im Zusammenhang mit der Auswahl und Bereitstellung der benötigten Datengrundlage. Geeignete Entscheidungsunterstützungssoftware könnte hier eine Überprüfung der eigenen Datenbank (falls vorhanden) auf brauchbares Sekundärmaterial veranlassen bzw. Hinweise auf Rückgriffmöglichkeiten auf in Frage kommende Sekundär-Daten-Quellen geben oder benötigtes Primär-Daten-Material auflisten und Hinweise auf Zugriffsmöglichkeiten liefern.

Neben Unterstützungsmöglichkeiten bei der Datenerhebung (Beobachtung, Befragung, Erstellung von Fragebögen(teilen)) sind in der Phase der "Datensammlung und -aufbereitung" geeignete Methoden zur Aggregation, zur Transformation und zur Überprüfung (z.B. Ausreißerproblem, Problem der "Missing Values", Problem der Überprüfung gewünschter Verteilungsannahmen) der vorhandenen Daten erforderlich.

Hier beginnt der Einsatzbereich der klassischen statistischen Methoden, deren Einsatzschwerpunkt in der Phase der "Datenanalyse" zu verzeichnen ist. Dabei ist Software

<i>Softwarekonzepte</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Beispiele</i>
Einzelprogramme	<ul style="list-style-type: none"> • ältestes Softwarekonzept • evtl. neuartige Modelle & Methoden • keine Absicht zur Kopplung mit anderen Programmen • keine Bestrebungen zur Vereinheitlichung von Datenverwaltungs- & Datentransferfunktionen 	z.B. MAPCLUS ([1], 1980) PENCLUS ([7], 1986)
Programmbibliotheken	<ul style="list-style-type: none"> • in bestimmter Programmiersprache erstellte Sammlung von Unterprogrammen/Programmbausteinen, die gewissen Konventionen genügen • eigene Programmierung von Software/Treiberprogrammen unter Rückgriff auf die bereitgestellten Unterprogramme 	z.B. IMSL (1981) NAG (1983)
Programmsysteme/ statistische Auswertungssysteme	<ul style="list-style-type: none"> • eher auf Datenauswertungen ausgerichtete Konzeption • eigene Befehlssprache zur Durchführung der Auswertungen • Bereitstellung von Auswertungsprozeduren und von Funktionen zur Dateiverwaltung und Ergebnisinterpretation • keine Erstellung von Rahmenprogrammen mehr erforderlich • Kenntnis der Befehlssprache, Modalitäten zum Aufruf der Auswertungsprozeduren erforderlich 	z.B. BMDP ([16], 1983) SAS (1982) SPSS (1983)
Methodenbank-systeme	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung des Leistungsspektrums von Programmbibliotheken • Ausnutzung von Analogien zwischen der Verwaltung von Methoden und der Verwaltung von Datenbeständen 	z.B. METHAPLAN ([52], 1976)
Planungssprachen	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung von Planungs- & Berichtsprozessen • Einteilung entsprechend dem vorprogrammierten Funktionsvorrat in <ul style="list-style-type: none"> - Kosten- & Budgetplanung - Finanz- & Investitionsplanung - Absatz- & Marketingplanung - Unternehmensgesamtplanung 	z.B. FCS-EPS IFCS INFPLAN PLANCODE ([50], 1983) ([51], 1985)
Spreadsheet-programme	<ul style="list-style-type: none"> • durch Verbreitung der Personalcomputer begünstigtes Softwarekonzept • Systemkern besteht aus Tabellenkalkulationsprogramm • systemeigene Programmiersprachen, falls Bearbeitung komplexerer Zusammenhänge erfolgen soll 	z.B. VISICALC MULTIPLAN JAZZ SYMPHONY
Datenbank-systeme	<ul style="list-style-type: none"> • besondere Bedeutung des Datenmanagement • Schnittstellen zu Statistik-Software-Paketen nicht bei allen Systemen in wünschenswertem Umfang vorhanden 	z.B. SIR ORACLE

Abb.2: Entscheidungsunterstützungssoftware für Datenanalyseprobleme

zur Datenanalyse und Statistik oft nur ein Bestandteil im Rahmen des vorhandenen Software-Angebots. Für einen Nicht-(Datenanalysesoftware-)Fachmann existiert hier eine bereits verwirrend wirkende Vielfalt von Software-Tools. Neben "Einzelprogrammen" sind hier z.B. "Programmbibliotheken", "Programmsysteme", "Methodenbanksysteme", "Planungssprachen", "Spreadsheetprogramme" und "Datenbanksysteme" zu nennen, die in mehr oder minder großem Umfang auch Software zur Datenanalyse und Statistik enthalten (siehe z.B. Woodward, Elliot (1983) für PC-Software für statistische Analysen).

Um die in Abb. 1 aufgelisteten Softwarekonzepte zumindestens grob voneinander unterscheiden zu können und der eingangs erwähnten Betonung einer computergestützten Entscheidungsunterstützung hier entsprechend Rechnung zu tragen, sind die in Abb. 2 wiedergegebenen Kurz-Charakterisierungen der genannten Software-Tools vielleicht hilfreich.

Entscheidungsunterstützungssoftware für Datenanalyseprobleme sollte Wissen über das in Frage kommende Software-Angebot, wovon Abb. 2 nur einen ersten Einblick vermitteln soll, besitzen und Hinweise auf Einsatzmöglichkeiten liefern können.

Gegebenenfalls sollten aus der verfügbaren Software am besten geeignete Methoden ausgewählt und die Durchrechnung der vorhandenen Daten mit den ausgewählten Methoden veranlaßt werden. Erzielte Lösungen sind dann für die Phase "Entscheidung" so aufzubereiten, daß die Überprüfung von Entscheidungsalternativen und die Bestimmung der endgültigen Entscheidung unterstützt wird.

Die bisherige Diskussion über einige Punkte für geeignete Einsatzmöglichkeiten einer computergestützten Entscheidungsunterstützung bei der Datenanalyse hat Umrisse eines wünschenswerten Rahmens eines entsprechenden Softwarewerkzeuges sichtbar werden lassen und gleichzeitig gezeigt, daß man von einer entsprechenden Realisierung noch weit entfernt ist. Es folgen einige historische Anmerkungen zu bisherigen Entwicklungstendenzen computergestützter Entscheidungsunterstützung unter Berücksichtigung der Einsatzmöglichkeiten wissensbasierter Ansätze, deren Diskussion in diesem einführenden Teil der Arbeit bislang bewußt unterblieben ist.

1.2 Historischer Rückblick und Entwicklungstendenzen unter Einbeziehung wissensbasierter Ansätze

In die Diskussion über computergestützte Entscheidungsunterstützung hat das Modewort "Expertensysteme" Eingang gefunden. Mit diesem für Laien so verständlichen Begriff beginnen sich allerdings Erwartungen zu verknüpfen, die dem Fachmann, der an der Weiterentwicklung dieser Richtung interessiert ist, Sorge bereiten können. Nichterfüllung solcher Erwartungen—das hat eine entsprechende Entwicklung im Zusammenhang mit "Management-Informationssystemen (MIS)" gezeigt—kann sehr negative Folgen haben. Nach einer "Euphorie"-Phase ist z.B. die MIS-Diskussion schnell abgeebbt. Es bleibt zu hoffen, daß sich ein solcher Vorgang in bezug auf "Expertensysteme" nicht wiederholt.

Definitionsversuche als Antwort auf die Frage "Was sind Expertensysteme?" sind von vielen Seiten gegeben worden. In Harmon, King (1986, S.3) findet man folgende Textstelle: ... ein intelligentes Computerprogramm, das Wissen und Inferenzverfahren benutzt, um Probleme zu lösen, die immerhin so schwierig sind, daß ihre Lösung ein

beträchtliches menschliches Fachwissen erfordert ... Ähnlich formuliert Hahn (1985, S.1): An expert system is one in which knowledge of an expert is built into a computer program, enabling it to emulate the process that the expert follows in attacking a problem.

Als ausführlicheres Zitat sei die Zusammenfassung von chapter 2 "What Are Expert Systems?" (Die Autoren sind Brachman, Amarel, Engelman, Englemore, Feigenbaum, Wilkins.) aus Hayes-Roth, Waterman, Lenat (Eds.) (1983, S.50) angeführt: *An expert system is one that has expert rules and avoids blind search, performs well, reasons by manipulating symbols, grasps fundamental domain principles, and has complete weaker reasoning methods to fall back on when expert rules fail and to use in producing explanations. It deals with difficult problems in a complex domain, can take a problem description in lay terms and convert it to an internal representation appropriate for processing with its expert rules, and it can reason about its own knowledge (or lack thereof), especially to reconstruct inference paths rationally for explanation and self-justification. An expert system works on (generally at least) one of these types of task: interpretation, diagnosis, prediction, instruction, monitoring, planning, and design.*

Diese Definitionsversuche zeigen, in welchem Rahmen sich diese Forschungsrichtung bewegen möchte, und lassen erkennen, daß sich noch nicht alle Software, die unter dieser Bezeichnung angeboten wird, an den aufgestellten Maßstäben messen lassen kann. Ein wichtiger Bestandteil ist das Vorhandensein einer Wissenskomponente, in der Expertenwissen abgespeichert ist, das zur Bildung und Überprüfung computergestützter Entscheidungsunterstützung herangezogen wird. Wir werden im folgenden deshalb den weniger attraktiven Begriff "Wissensbasierte Ansätze" benutzen, der das wesentliche Charakteristikum solcher Software betont.

In Abb. 3 sind einige der bekannteren wissensbasierten Ansätze (gepunktet umrandet) zusammen mit Datenanalysesoftware (durchgezogen umrandet), auf die später noch eingegangen wird, in einen zeitlichen Rahmen eingeordnet worden. DENDRAL unterstützt die Untersuchung der spektroskopischen Analyse von unbekanntem Molekülen, aus den Eingabedaten werden mögliche Molekularstrukturen generiert und untersucht; HEARSAY kann, bei eingeschränktem Vokabular und entsprechend beschränkter Grammatik, eine natürlichsprachige Unterhaltung führen; INTERNIST unterstützt die Erstellung von Diagnosen aus dem Gebiet der inneren Medizin; MYCIN hilft Ärzten bei der Diagnose und Behandlung von Hirnhautentzündungen und bakteriellen Effekten; aus PSG, einer Programmiersprache für Produktionssysteme zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses und Erkennungsvermögens, ist die OPS-Serie von Produktionssystemen entstanden, aus der sich wiederum R1, ein System zur Konfiguration von Computersystemen entwickelt hat; EXPERT ist ein Werkzeug zur Erstellung von Expertensystemen, das von CASNET, einem wissensbasierten Ansatz zur Diagnose und Behandlung des grünen Stars bei Augenerkrankungen, abstammt (für ausführlichere Beschreibungen siehe z.B. Harmon, King (1986) und Hayes-Roth, Waterman, Lenat (Eds.) (1983), einen deutschsprachigen Überblick gibt Lehmann (1984), in Pau (Ed.) (1985) sind Anwendungsmöglichkeiten wissensbasierter Ansätze in den Wirtschaftswissenschaften enthalten).

Diese kurze Auflistung soll genügen, um anzudeuten, was erfolgreiche wissensbasierte Ansätze auszeichnet. Neben problemspezifischem Expertenwissen, das in einer Wissensbasis gespeichert werden muß, sind Vorrichtungen notwendig, die die aktuellen Eingabe-

daten anhand der Wissensbasis überprüfen, ein intelligentes Suchverfahren in der Wissensbasis durchführen, Wissensinhalte auswählen und geeignet verknüpfen, Zusatzinformationen einholen, etc.

Als Sprache zur Entwicklung solcher Systeme wurde in den 60er Jahren vor allem LISP, seit Mitte/Ende der 70er Jahre in zunehmendem Maße PROLOG verwendet.

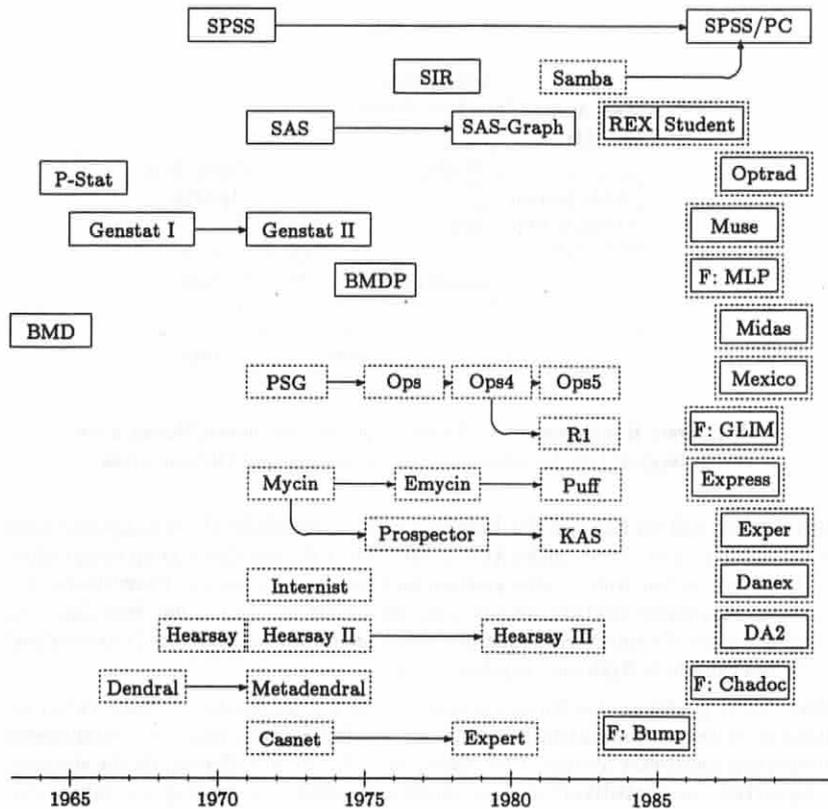


Abb.3: Entwicklung von Statistik- und wissensbasierter Entscheidungsunterstützungssoftware (F: Front Ends)

Im Rahmen der Entwicklung wissensbasierter Systeme war es nur eine Frage der Zeit, wann es zu einer stärkeren Verknüpfung mit entsprechend vorhandener Datenanalyse-Software kommen würde, zumal im Bereich Datenanalyse seit Ende der 60er Jahre ein Trend eingesetzt hatte, den Victor (1984) mit "Computational Statistics" umschreibt.

Abb. 4 zeigt (in Anlehnung an Victor (1984)) einige Aktivitäten (die Herausgabe von (speziellen Sektionen in) Zeitschriften, die Durchführung von Konferenzen—auch die

Gründung der GfKI fällt in diese Zeit, wenn auch damals "Computergestützte Datenanalyse" wohl nicht das Hauptthema ihrer Jahrestagungen war), die als Belege für diese Entwicklungsrichtung herangezogen werden können.

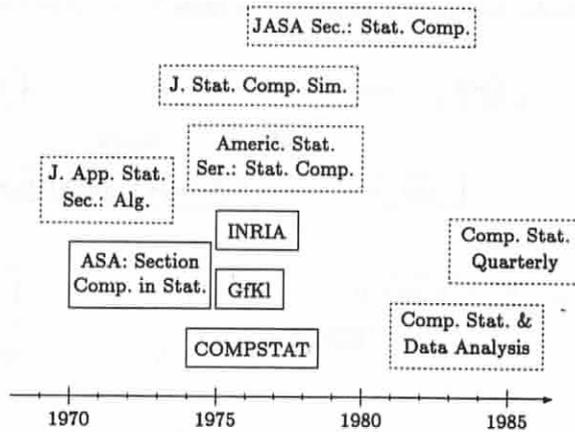


Abb.4: Erste Konferenzen und Zeitschriften mit Sektionen/Serien über computergestützte Entscheidungsunterstützung und Datenanalyse

Hinzu kommt, daß im Rahmen der Entwicklung entsprechender Datenanalysesoftware, wie z.B. BMDP, SAS, SPSS (siehe Abb. 2 und Abb. 3 für die Einordnung entsprechender Beispiele), wobei Abb. 3 eine gewisse zeitliche Parallelität zur Entwicklung wissenschaftlicher Ansätze sichtbar werden läßt, spätestens ab Beginn der 80er Jahre die Voraussetzungen für eine Verzahnung der Bereiche "Computergestützte Datenanalyse" und "Wissensbasierte Systeme" gegeben waren.

Nelder (1977) gehört zu den frühen Referenzen, die u.a. wegen des in vielen Fällen unkritischen Einsatzes von Standard-Datenanalyseverfahren den Einsatz von intelligenter Unterstützungssoftware fordern, *Chambers* (1981) äußert sich ähnlich, da die steigende Verfügbarkeit von Statistiksoftware zu einem entsprechenden Anstieg von inkorrekten Datenanalysen führen würde.

Bei den daraufhin einsetzenden Versuchen, unerfahrene Nutzer von Datenanalysesoftware zu unterstützen, kann man zwei Richtungen unterscheiden: Zum einen wurden Benutzerschnittstellen für komplexe statistische Auswertungssysteme - sogenannte "Front Ends" entwickelt (siehe z.B. BUMP, ein front end für MULTIVARIANCE (*Smith, Lee, Hand* (1983)), CHADOC (*Jida, Lemaire* (1986)), EXPRESS zur Unterstützung von Datenanalyseproblemen unter Verwendung von BMDP (*Carlson, Heuch* (1986)), ein GLIM - front end (*Wolstenholme, Nelder* (1986)) und ein front end für MPL (*Berzuni, Ross, Larizza* (1986)), sowie SAMBA als Vorläufer für einen Methodenbankrahmen für SPSS/PC+ (*Bodendorf, Osiander* (1988))), zum anderen wurden Prototypen programmiert, die Hilfestellung für spezielle Gebiete der Datenanalyse liefern und—bis zu

einem gewissen Grad—die Analysen automatisch durchführen sollten (siehe z.B. REX (mit der weiterführenden Version STUDENT) als bekanntesten Vertreter dieser Art, womit Regressionsanalysen unterstützt werden (Pregibon, Gale (1984)).

Eine Reihe dieser Referenzen entstammen den COMPSTAT'84- bzw. COMPSTAT'86-Proceedingsbänden (hier sind z.B. noch MUSE (Dambroise, Masotte (1986)) und Darius (1986) zu nennen); für die neuesten, z.T. in Abb. 3 wiedergegebenen Arbeiten sei auf den Ergebnisband Gaul, Schader (Eds.) (1988) verwiesen. Er enthält neben einführenden Artikeln (siehe z.B. Arabie, Daws (1988) zu den interdisziplinären Beziehungen zwischen Datenanalyse, Wissensrepräsentation und Anwendungen) und einer Abhandlung zum in Abschnitt 2.2 näher beschriebenen DANEX-Prototyp u.a. Arbeiten von Demann, Schader, Tüshaus (1988) zur Entscheidungsunterstützung bei der Personaldisposition in einem Verkehrsbetrieb, von Esposito (1988) über die Einbeziehung von Wissen zur Entscheidungsunterstützung mittels EXPER, von Gaul, Schaer (1988) über eine Unterstützungsmöglichkeit bei der Neuprodukteinführung mittels MEXICO, von Gettler-Summa, Ralambondrainy, Diday (1988) zur Generation von Regeln für die Datenanalyse, von Granger (1988) über einen "fuzzy"-Ansatz zur Wissensverarbeitung und von Tüshaus (1988a) zur Verbindung von FORTRAN-Programmen mit der Expertensystem-Shell KEE. Ein Forschungsschwerpunkt der Gruppe um Schader beschäftigt sich seit einiger Zeit mit der Analyse qualitativer Daten (siehe z.B. Schader, Tüshaus (1986), (1988)), ein Forschungsschwerpunkt der Gruppe um Gaul mit Entscheidungsunterstützungsmöglichkeiten für Marketing und Marktforschung (siehe z.B. Gaul et al. (1988)).

Zur Gestaltung von Entscheidungsunterstützungssystemen kann auf einen Artikel von Dehio, Kieser (1983) verwiesen werden, bei der beabsichtigten gemeinsamen Entwicklung eines wissensbasierten Ansatzes durch beide Gruppen werden Überlegungen, wie sie z.B. in Hand (1984), (1985) für statistische Expertensysteme, in Thisted (1986) zur Repräsentation statistischen Wissens und in Hand (1986) über Datenanalysestrategien beschrieben werden, Berücksichtigung finden.

2. Beispiele aus eigener Forschung

Im folgenden soll anhand zweier Prototypentwicklungen aus den Interessengebieten der Autoren aufgezeigt werden, wie die Umsetzung der zuvor beschriebenen Weiterentwicklungen des Bereichs DATENANALYSE & ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG konkret aussehen kann.

2.1 Prototyp zur computergestützten Entscheidungsunterstützung bei der Gleisbelegung für Bahnhöfe und Stellwerke

Die auf den Strecken der Deutschen Bundesbahn—mit zum Teil erheblichen Geschwindigkeitsdifferenzen—verkehrenden Züge werden heute nach Fahrplänen gesteuert, die vorgesehene Durchfahrtszeiten und Überholvorgänge in den entsprechenden Bahnhöfen in Weg-Zeit-Diagrammen beschreiben. In Abb. 5 ist ein Ausschnitt (ca. 2% der Kartenfläche) eines solchen Fahrplans wiedergegeben. Es handelt sich im konkreten Fall um eine zweigleisige Nord-Süd-Verbindung, auf der Personen- und Güterverkehr abgewickelt wird. Linien, die von oben links nach unten rechts verlaufen, stellen jeweils Züge dar, die in Richtung Norden fahren; die von oben rechts nach unten links verlaufenden Linien stehen für Züge in der Gegenrichtung (Im Original sind Personenzüge schwarz und Güterzüge blau gezeichnet.).

Die Tageszeit ist in vertikaler Richtung abzulesen, so daß schnell fahrenden Zügen flache Linien entsprechen und umgekehrt. Aus dem Fahrplanausschnitt ist beispielsweise ersichtlich, daß der Güterzug 51888 um 20.10 Uhr in den Bahnhof Bad B. einfährt und diesen um 20.14 Uhr wieder verläßt. Gleichzeitig sieht man, daß der D-Zug 780 den Bahnhof um 20.12 Uhr in gleicher Richtung passiert. Um diesen Überholvorgang zu ermöglichen, muß der Fahrdienstleiter die Fahrstraße für 51888 in ein Nebengleis legen und das entsprechende Ausfahrtsignal auf Rot schalten. Voraussetzung für diese Schaltung ist die Pünktlichkeit beider Züge: bei einer Verspätung von D780 um 3 Minuten wäre es nicht sinnvoll, den Güterzug um 20.14 Uhr ausfahren zu lassen, da er von D780 nach kurzer Zeit eingeholt wäre, so daß der D-Zug langsam folgen müßte und im nächsten Bahnhof schon 6 Minuten Verspätung hätte.

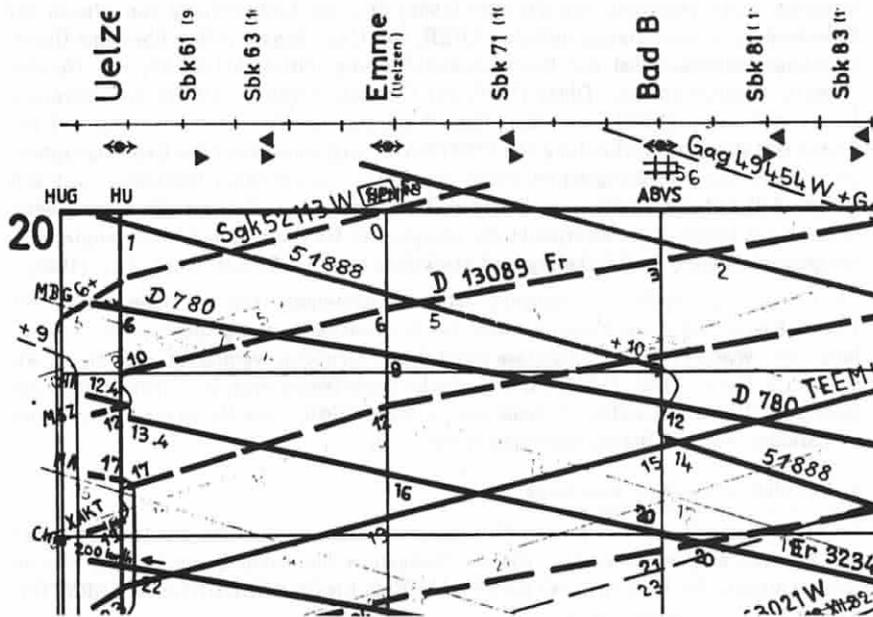


Abb.5: Ausschnitt aus einem Fahrplan

Neben solchen Eingriffen wegen des verspäteten oder verfrühten Eintreffens von Zügen müssen Fahrdienstleiter insbesondere dann abweichend von den Plänen agieren, wenn Gleisabschnitte gesperrt sind (wegen Bauarbeiten oder weil ein Zug liegengeblieben ist), Weichen aufgrund von Witterungsverhältnissen blockiert sind, Signale ausfallen, etc.

Es handelt sich also um eine Problematik zur Entscheidungsunterstützung, in der schnell auf sich ändernde Daten reagiert werden muß. Im Rahmen der Behandlung von Datenanalyseproblemen als Phasenprozeß gemäß Abb. 1 sind hier die Phasen "Datensammlung und -aufbereitung" und "Datenanalyse" von untergeordneter Bedeutung, weil unterstellt wird, daß Verzögerungen von Zügen, Blockierungen von Strecken, etc., bereits

bekannt sind. Es wird primär der Übergang $\xrightarrow{(s)}$ aus Abb. 1 unterstützt. In Abb. 6 ist als Beispiel der aus fünf Gleisen bestehende Bahnhof Stelle dargestellt—so, wie ihn der Fahrdienstleiter vor sich sieht.

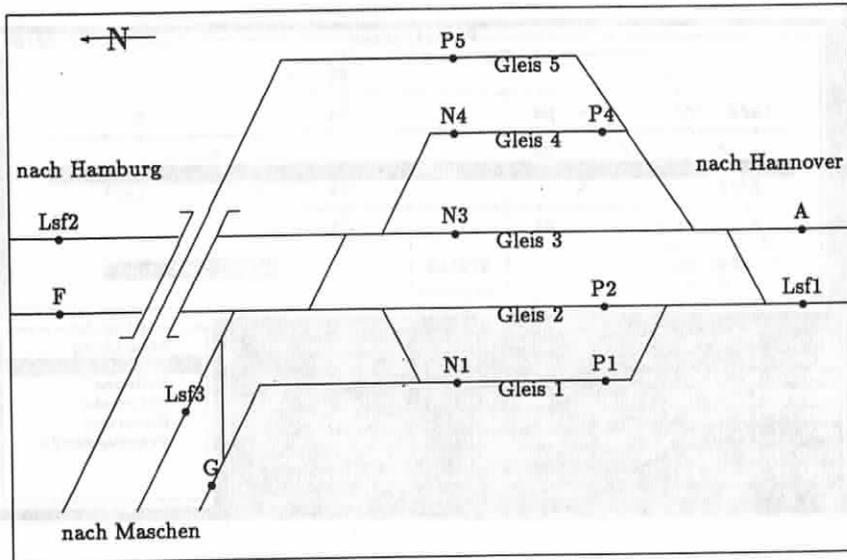


Abb.6: Die Gleisanlage des Bahnhofs Stelle

Der Bahnhof besteht aus fünf Gleisen. Die Gleise 1 und 4 haben jeweils einen Bahnsteig, an dem Nahverkehrszüge halten. Fernreisezüge passieren Stelle unter normalen Umständen auf Gleis 2 nach Süden bzw. auf Gleis 3 nach Norden. Auf diesen Gleisen kann der Bahnhof mit einer Geschwindigkeit von 160 km/h durchfahren werden. Gleis 5 mündet in eine Überführung, so daß Güterzüge aus Hannover nach Maschen fahren können, ohne die Gleise 2 und 3 zu blockieren. In Stelle gibt es 13 Signale A, F, G, Lsf1, Lsf2, Lsf3, N1, N3, N4, P1, P2, P4, P5. Über A, F und G fahren die Züge in den Bahnhof ein. Lsf1, Lsf2 und Lsf3 sind Ausfahrtsignale. Die mit N bzw. P beginnenden Signale ermöglichen ein Stoppen der Züge im Bahnhof selbst.

Zur Unterstützung der Gleisbelegung wurde ein Prototyp in TURBO-PROLOG erstellt. Ein Beispiel für einen typischen Bildschirminhalt gibt Abb. 7. Man sieht, daß Gleis 2 für die Durchfahrt des D-Zuges 000677 geschaltet ist (Auf dem Monitor ist diese Fahrstraße andersfarbig und blinkend hervorgehoben.). Da 000677 mit 6 Minuten Verspätung ankommt (17.17h + 6 gibt diese Information), wird vorgeschlagen, den Güterzug 047431, der fahrplanmäßig um 17.23 Uhr ohne Halt von Maschen nach Ashausen (nächster Bahnhof in Richtung Hannover) fahren sollte, am Einfahrtsignal G eine Minute bis zur Durchfahrt von 000677 warten zu lassen.

Der Güterzug 047974, der üblicherweise über Gleis 5 nach Maschen fährt, soll wegen einer Störung an Gleis 5 über Gleis 3 fahren und damit Gleis 2 kreuzen. Dies macht in der aktuellen Planung keine weiteren Eingriffe erforderlich und ist schneller als die Fahrt über Gleis 4.

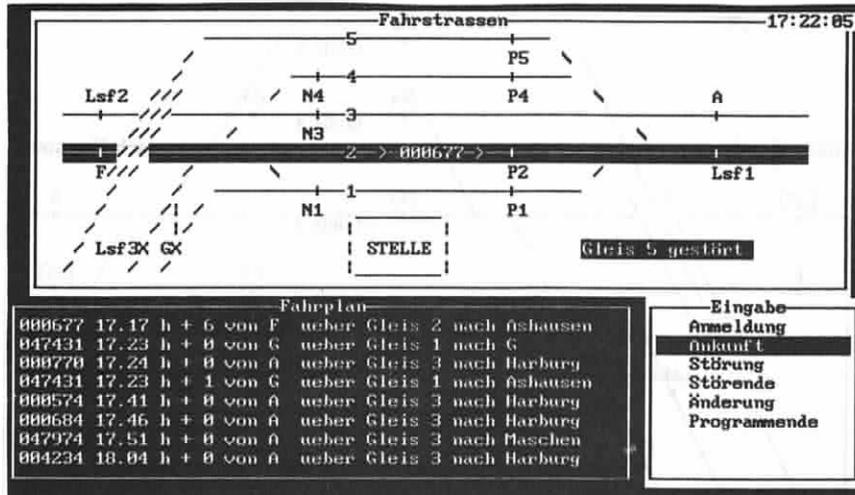


Abb.7: Ein typischer Bildschirminhalt

Abb. 7 zeigt im Eingabefenster das Hauptmenü; entsprechend dem angeklickten Menüpunkt wird dieses Fenster dann von weiteren Eingabefenstern überdeckt. Nach jeder Benutzereingabe sind der Bildschirminhalt und die entsprechenden Programmstacks zu aktualisieren. Dies geschieht immer in der gleichen Reihenfolge:

- Erstellung der aktuellen Liste der jeweils nächsten acht Züge (Hier ist zunächst immer zu prüfen, ob Züge, die angehalten wurden, weiterfahren können.).
- Planen von Fahrstraßen für diese acht Züge. Die Fahrstraßen sind damit noch nicht geschaltet.
- Aktualisierung des Fahrstraßenfensters z.B. durch Hervorhebung durchfahrender Züge und Ausgabe der acht Züge mit ihren vorgesehenen Fahrstraßen im Fahrplanfenster.
- Ausgabe des Hauptmenüs im Eingabefenster und Warten auf die nächste Eingabe.

Als Beispiel für eine Regel aus der Wissensbasis des Programms sei die Fahrstreckenfestlegung für den Güterzug 047431 von G (d.h. von Maschen kommend) über Stelle nach Ashausen (d.h. in Richtung Hannover weiterfahrend) unter Benutzung von Gleis 1 beschrieben. Dies ist dann möglich, wenn

- Gleis 1 nicht gestört ist und
- Gleis 1 nicht in dieser oder der folgenden Minute durch einen anderen Zug belegt ist (Anmeldung oder Durchfahrt) und
- Gleis 2 nicht in dieser oder der folgenden Minute belegt ist und
- es keinen Zug von Hamburg gibt, der in dieser oder der folgenden Minute planmäßig durch Stelle fahren soll und
- durch die Einfahrt in das Gleis nach Süden (hinter Lsf1) kein nachfolgender Zug, z.B. IC, D-Zug, etc., behindert wird.

Für ausführliche Beschreibungen sei auf *Schader* (1988) verwiesen.

2.2 Prototyp zur computergestützten Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Datenanalyseverfahren für die Marktforschung

Für den Bereich "Datenanalyse/Statistik" ist mittlerweile ein umfangreiches Spektrum von Verfahren zur Auswertung anfallender Daten verfügbar. Wissenschaftler mit unterschiedlichen Forschungsinteressen haben eine Vielzahl von Modellen und Methoden, speziell für ihre Forschungsrichtungen, entwickelt. Allerdings sind die Anwendungsvoraussetzungen (manchmal sogar die Existenz) solcher Methoden nicht immer einem hinreichend großen Anwenderkreis bekannt.

Empirische Untersuchungen über die Nutzung entsprechender Software in ausgewählten Zielgruppen (siehe z.B. *Mentzler, Cox* (1984) und *Sparkes, McHugh* (1984) für Prognosetechniken, *Greenberg, Goldstucker, Bellenger* (1977), *Gaul* (1987), *Gaul, Förster, Schiller* (1985a), (1985b) und *Gaul, Homburg* (1987) für den Einsatz von Datenanalyseverfahren in der Marktforschung) haben gezeigt, daß vor allem für neuere und/oder komplexere Techniken noch Anwendungsdefizite bestehen (siehe auch die Anmerkungen im Abschnitt 1.2 dieser Arbeit). Zur Unterstützung von Anwendern in der Marktforschung bei der Auswahl von Datenanalyseverfahren wurde deshalb ein Prototyp DANEX (Data ANalysis EXpert) in TURBO-PROLOG erstellt. Im augenblicklichen Implementationsstand wird im Rahmen der Behandlung von Datenanalyseproblemen als Phasenprozeß primär der Übergang $\xrightarrow{(2)}$ aus Abb. 1 unterstützt, da nach einer Charakterisierung der vorliegenden Datengrundlage zunächst anwendbare Datenanalyseverfahren vorgeschlagen werden, wobei eine Präferenz für solche Verfahren besteht, auf die das System Zugriff hat und durch deren Anwendung in einem zweiten Schritt entsprechende Lösungsvorschläge bereitgestellt werden können. In Abb. 8 wird ein Überblick über die Architektur des Prototyps gegeben.

Die Grobstruktur von DANEX besteht aus drei Komponenten, aus der in TURBO-PROLOG erstellten wissensbasierten Komponente sowie aus den jeweils in TURBO-PASCAL implementierten Komponenten der Datenverwaltung und der Methodenverwaltung. Bei einer Konsultation von DANEX werden gewisse Datencharakteristika abgefragt (query component) bzw. evtl. vom Prototyp auf der Grundlage ausreichender Teilinformationen implizit gesetzt und in der Wissensbasis (knowledge base) gespeichert. Zusammen mit dem Wissen über Softwareanwendungsvoraussetzungen werden Vorschläge (inference engine) für einsetzbare Datenanalyseverfahren unterbreitet. Hier

kann der Nutzer nachfragen, warum (explanation component) ein spezielles Verfahren gewählt bzw. nicht gewählt wurde. Er erhält dann eine Folge von Fakten und Regeln, die die Auswahl eines Verfahrens bewirkt bzw. verhindert haben.

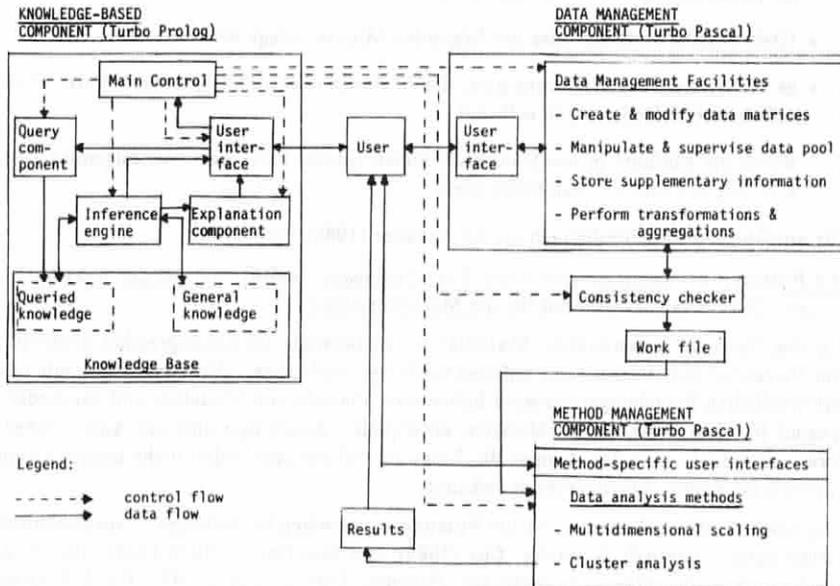


Abb.8: Architektur von DANEX

Die Datenverwaltungskomponente (mit eigener Benutzerschnittstelle (user interface)) kann unabhängig von der wissensbasierten Komponente benutzt werden. Hier sind typische Funktionen zur Datenverwaltung und -veränderung (u.a. Transformations- und Aggregationsmöglichkeiten, Hinzufügen und Weglassen von Daten, Behandlung von "missing values") verfügbar. Die Methodenverwaltungskomponente kann nur nach Konsistenzüberprüfung (consistency checker) der Datengrundlage benutzt werden. Im hier demonstrierten Implementationsstand enthält sie vor allem Verfahren zur Clusteranalyse und multidimensionalen Skalierung.

In Abb. 9 wird ein typischer Bildschirminhalt einer verarbeitbaren Datengrundlage wiedergegeben. Es handelt sich um eine sogenannte zweimodale (Mode: 2) Matrix, die Assoziationsdaten (Matrix: Association) auf Ähnlichkeitsbasis (Data: Similarity) zwischen Elementen/Ausprägungen unterschiedlicher Modalität (Elemente des 1. Modus: Zigarettenmarken, Elemente des 2. Modus: Eigenschaften zur Beurteilungen von Produktwahrnehmungsdimensionen) beschreibt. Die unteren beiden Zeilen des Bildschirms geben Hinweise auf Hilfsfunktionen zur Datenverwaltung.

Matrix Edit							
Name	CIG_Ma	Matrix	Association	Data	Similarity	Mode	2
	Full fla	adventur	good soc	activity	sympathy	relaxat	sociabil
Camel	411.0000	598.0000	314.0000	487.0000	314.0000	328.0000	269.0000
HB	338.0000	234.0000	466.0000	346.0000	337.0000	428.0000	393.0000
R6	215.0000	194.0000	344.0000	312.0000	326.0000	353.0000	378.0000
Ernte23	372.0000	247.0000	321.0000	298.0000	299.0000	324.0000	358.0000
Stuyve	378.0000	489.0000	395.0000	438.0000	378.0000	338.0000	369.0000
Kim	223.0000	194.0000	343.0000	318.0000	317.0000	318.0000	358.0000
West	427.0000	519.0000	345.0000	449.0000	286.0000	383.0000	314.0000
Lord	388.0000	227.0000	388.0000	323.0000	343.0000	367.0000	483.0000

Home	Move Cursor	Save Matrix	End of Edit
Del	Delete Element	Missing Value	Fill with Zero
			Symmetrify

Abb.9: Bildschirminhalt bei der Datenverwaltung

Vor Anwendung einer zweimodalen Clusteranalyse (siehe z.B. *Both, Gaul (1986)* für einen Vergleich verschiedener zweimodaler Clusteranalyseverfahren) müssen die in Abb. 9 gezeigten Daten noch in die Form einer zweimodalen Unähnlichkeitsmatrix transformiert werden (eine im Rahmen der implementierten Datenverwaltungskomponente vorhandene Unterstützungsfunktion), bevor z.B. die zweimodale Version des MVAL (Missing Values Average Linkage) Verfahrens (siehe z.B. *Espejo, Gaul (1986)*) die in Abb. 10 wiedergegebene Clusterlösung erzeugt.

Aufgrund der in Abb. 9 nur teilweise gezeigten Umfragedaten sehen die befragten Konsumenten gemäß Abb. 10 relativ klar voneinander abgrenzbare Cluster. Ein Cluster, das Lord, HB, R6, Kim, Ernte und Krone umfaßt, wird eher mit "Geselligkeit", "gute Laune", "Entspannung" und—weniger stark—mit "Harmonie" assoziiert. Camel und "Abenteurer" weisen die höchste Assoziation insgesamt auf. In diesem Cluster findet man auch Marlboro, West und Stuyvesant sowie die Beurteilungsdimensionen "Stärke", "Aktivität", "Selbstvertrauen", "voller Geschmack", "Genuß" und "Sympathie". In diesem Cluster ist als abgrenzbares Teilcluster Dunhill mit "Exklusivität" und "Tradition" sowie Philip Morris enthalten. Von einer solchen Lösung, die einen ersten Eindruck zur Problematik "Marken und Beurteilungsdimensionen" vermittelt, kann man zu den Ausgangsdaten zurückgehen, andere Transformationen oder Aggregationen (z.B. getrennt nach Geschlecht (Männer, Frauen) oder Rauchgewohnheiten (Raucher, Nichtraucher)) durchführen und in den dann vorgeschlagenen Klassen von Datenanalyseverfahren weitere Lösungsmöglichkeiten auswählen und durchrechnen lassen. Für ausführlichere Beschreibungen sei auf *Böckenholt, Both, Gaul (1987a), (1987b)* verwiesen.

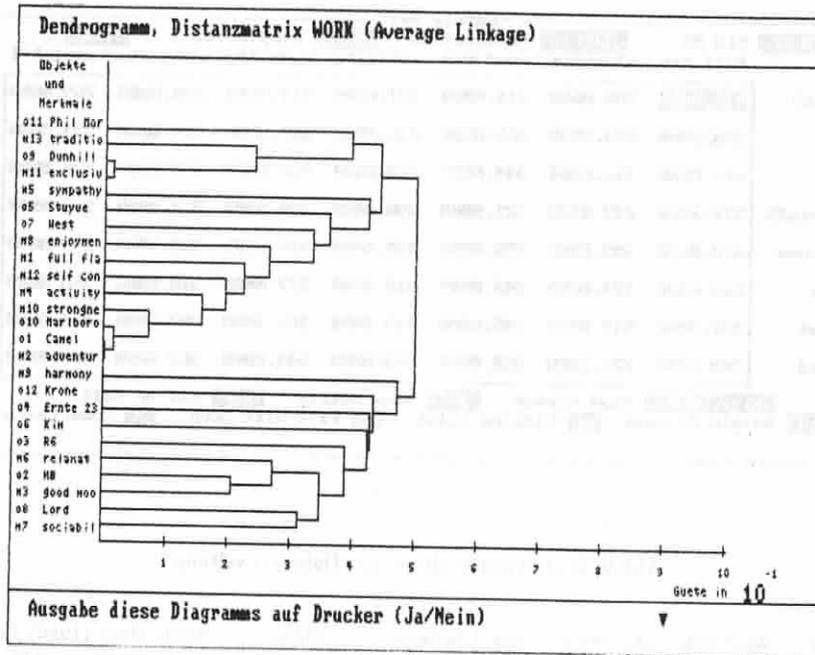


Abb.10: Dendrogramm einer zweimodalen Clusteranalyse

3. Ausblick

Die beschriebenen Prototypen haben unterschiedliche Situationen, in denen Datenanalyseproblematiken durch computergestützte Entscheidungsunterstützung unter Einbeziehung wissensbasierter Techniken erfolgreich behandelt werden können, aufgezeigt und gleichzeitig erkennen lassen, welche Aufgabenfülle für Erweiterungen des Implementationsstands der hier beschriebenen Prototypen vorhanden ist. Eine Einzelentwicklung von auf spezielle Teilbereiche zugeschnittener Software, bei deren Entwicklung die Möglichkeit der Zusammenfügung zu umfassenderen Systemen mit zu berücksichtigen ist, ist zumindest bei den Übergängen $\xrightarrow{(1)}$ und $\xrightarrow{(3)}$ aus Abb. 1 stärker als das beim Übergang $\xrightarrow{(2)}$ der Fall ist, durch das zugrundeliegende Anwendungsproblem determiniert. An der Weiterentwicklung von Entscheidungsunterstützungsoftware für den Übergang $\xrightarrow{(2)}$, der eher die klassische Verbindung zwischen DATENANALYSE & ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG darstellt, wird augenblicklich gemeinsam gearbeitet. Dabei werden u.a. zusätzliche Verfahren(sklassen), wie sie z.B. in Gaul, Schader (1987) oder Nishisato, Gaul (1987) beschrieben sind, integriert.

Quellen

- [1] Arabie, P., Carroll, J.D. (1980), MAPCLUS: A Mathematical Programming Approach to Fitting the ADCLUS Model, Psychometrika 45, 211-235.

- [2] Arabie, P., Daws, J. (1988), The Interface among Data Analysis, Marketing and Representation of Knowledge, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 10-15.
- [3] Berzuini, C., Ross, G., Larizza, C. (1986), Developing Intelligent Software for Non-Linear Model Fitting as an Expert System, in: COMPSTAT 1986, 259-264.
- [4] Bodendorf, F., Osiander, U. (1988), Eine Methodenbankhülle um das Programmpaket SPSS/PC+ für Gelegenheitsanwender, *Angewandte Informatik* 1/88, 3-8.
- [5] Böckenholt, I., Both, M., Gaul, W. (1987a), A Knowledge-Based System for Supporting Data Analysis Problems, to appear in *Decision Support Systems*, 1988/1989.
- [6] Böckenholt, I., Both, M., Gaul, W. (1987b), PROLOG-Based Decision Support for Data Analysis in Marketing, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 1988, 19-34.
- [7] Both, M., Gaul, W. (1986), Ein Vergleich zweidimensionaler Clusteranalyseverfahren, *Methods of Operations Research* 57, 593-605.
- [8] Bürig, O., Schader, M. (1988), KREDIT: KEE-Based Support for Credit Decisions in a Mail-Order-Firm, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 83-92.
- [9] Carlson, F., Heuch, I. (1986), EXPRESS—An Expert System Utilizing Standard Statistical Packages, in: COMPSTAT 1986, 265-270.
- [10] Chambers, J.M. (1981), Some Thoughts on Expert Software, in: *Proceedings of the 13th Symposium on the Interface of Computer Science and Statistics*, Springer, 36-40.
- [11] Dambroise, E., Masotte, P. (1986), MUSE: An Expert System in Statistics, in: COMPSTAT 1986, 271-276.
- [12] Darius, P.L. (1986), Building Expert Systems with the Help of Existing Statistical Software: An Example, in: COMPSTAT 1986, 277-282.
- [13] Dehio, P., Kieser, A. (1983), Die Gestaltung von Entscheidungsunterstützungssystemen, *Angewandte Informatik* 25, 371-382.
- [14] Demann, M., Schader, M., Tüshaus, U. (1988), Developing a Decision Support System for Personnel Disposition in a Garage—Experiences Using the KEE shell, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 103-115.
- [15] Dempster, M.A.H., Ireland, A.M. (1988), MIDAS: An Expert Debt Management Advisory System, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 116-127.
- [16] Dixon, W.J., Brown, M.B.(Eds.) (1983), *BMDP Statistical Software 1983*, Berkeley, University of California Press.
- [17] Espejo, E., Gaul, W. (1986), Two-Mode Hierarchical Clustering as an Instrument for Marketing Research, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.) (1986), *Classification as a Tool of Research*, Proceedings of the 9th Annual Meeting of the German Classification Society, North-Holland, 121-128.
- [18] Esposito, F. (1988), Incorporating Knowledge in Decision Support Systems, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 128-144.
- [19] Gaul, W. (1987), Zum Einsatz von Datenanalysetechniken in der Marktforschung, in: Opitz, O., Rauhut, B.(Eds.), *Ökonomie und Mathematik*, Springer, 396-408.

- [20] Gaul, W., Böckenholt, I., Both, M., Espejo, E., Homburg, Ch., Schaer, A. (1988), Computer-Based Decision Support in Marketing, in: HECTOR (HEterogeneous Computers TOgether), Vol.I: New Ways in Education and Research, Springer, 360-396.
- [21] Gaul, W., Förster, F., Schiller, K. (1985a), Typologisierung deutscher Marktforschungsinstitute: Ergebnisse einer empirischen Studie, Marketing-ZfP, Heft 3, 1986, 163-172.
- [22] Gaul, W., Förster, F., Schiller, K. (1985b), Empirische Ergebnisse zur Verbreitung und Nutzung von Statistiksoftware in der Marktforschung, in: Tagungsband zur 3. Konferenz über die wissenschaftliche Anwendung von Statistik-Software, Fischer, 1986, 323-332.
- [23] Gaul, W., Homburg, Ch. (1987), The Use of Data Analysis Techniques by German Market Research Agencies: A Causal Analysis, to appear in Journal of Business Research, 1988/1989.
- [24] Gaul, W., Schader, M.(Eds.) (1986), Classification as a Tool of Research, Proceedings of the 9th Annual Meeting of the German Classification Society, North-Holland.
- [25] Gaul, W., Schader, M. (1987), Clusterwise Aggregation of Relations, to appear in Applied Stochastic Models and Data Analysis, 1988/1989.
- [26] Gaul, W., Schader, M.(Eds.) (1988), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer.
- [27] Gaul, W., Schaer, A. (1988), A PROLOG-Based PC-Implementation for New Product Introduction, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.) (1988), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 42-53.
- [28] Gettler-Summa, M., Ralambondrainy, H., Diday, E. (1988), Data Analysis and Expert Systems: Generating Rules from Data, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 161-173.
- [29] Granger, C. (1988), Fuzzy Reasoning for Classification: An Expert System Approach, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications, Springer, 174-184.
- [30] Greenberg, B.A., Goldstucker, J.L., Bellenger, D.N. (1977), What Techniques are used by Marketing Researchers in Business, Journal of Marketing 41, 62-68.
- [31] Hahn, G.J. (1985), More Intelligent Statistical Software and Statistical Expert Systems: Future Directions, The American Statistician 39(1), 1-16 (Including Comments & Reply).
- [32] Hand, D.J. (1984), Statistical Expert Systems: Design, The Statistician 37, 351-369.
- [33] Hand, D.J. (1985), Statistical Expert Systems: Necessary Attributes, Journal of Applied Statistics 12(1), 19-27.
- [34] Hand, D.J. (1986), Patterns in Statistical Strategy, in: Gale, W.A.(Ed.), Artificial Intelligence and Statistics, Addison-Wesley, 355-387.
- [35] Harmon, P., King, D. (1986), Expertensysteme in der Praxis: Perspektiven, Werkzeuge, Erfahrungen (Deutsche Übersetzung von "Expert Systems—Artificial Intelligence in Business"), Oldenbourg.
- [36] Hayes-Roth, F., Waterman, D.A., Lenat, D.B.(Eds.) (1983), Building Expert Systems, Addison-Wesley.
- [37] IMSL (1981), IMSL Library Reference Manual, Vol. 1-3, Edition 8.
- [38] Jida, J., Lemaire, J. (1986), Expert Systems and Data Analysis Package Management, in: COMPSTAT 1986, 251-258.

- [39] Lehmann, E. (1984), *Expertensysteme: Überblicke über den aktuellen Wissensstand (1983)*, Siemens AG.
- [40] Mentzler, J.T., Cox, J.E.Jr. (1984), Familiarity, Application and Performance of Sales Forecasting Techniques, *Journal of Forecasting* 3, 27-36.
- [41] NAG (1983), *NAG Fortran Library Manual (Mark 8)*, Numerical Algorithms Group Ltd., Oxford.
- [42] Nelder, J.A. (1977), Intelligent Programs, the Next Step in Statistical Computing, in: Barra, J.R., Brodeau, F., Ronner, G., Van Cutsem, B.(Eds.), *Recent Developments in Statistics*, North-Holland, 79-86.
- [43] Nishisato, S., Gaul, W. (1987), Marketing Data Analysis by Dual Scaling, to appear in *International Journal of Research in Marketing*, 1988/1989.
- [44] Pau, L.F.(Ed.) (1985), *Artificial Intelligence in Economics and Management (2. Edition, 1987)*, North-Holland.
- [45] Pregibon, D., Gale, W.A. (1984), REX: An Expert System for Regression Analysis, in: *COMPSTAT 1984*, 242-248.
- [46] SAS Institute (1982), *SAS User's Guide: Basics and Statistics*, Cary, North Carolina.
- [47] Schader, M. (1988), PROLOG-basierte Entscheidungsunterstützung bei der Festlegung von Fahrstraßen in einem Bahnhof, *Computer Anwendungen Universität Karlsruhe* 5, 19-26.
- [48] Schader, M., Tüshaus, U. (1986), Subgradient Methods for Analyzing Qualitative Data, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), *Classification as a Tool of Research*, North-Holland, 397-403.
- [49] Schader, M., Tüshaus, U. (1988), Analysis of Qualitative Data—A Heuristic for Finding a Complete Preorder, in: Bock, H.(Ed.), *Classification and Related Methods of Data Analysis*, North-Holland, 341-346.
- [50] Schneider, S., Schwab, P., Renninger, W. (1983), Wesen, Vergleich und Stand von Software zur Produktion von Systemen der computergestützten Unternehmensplanung, *Arbeitsbericht des Instituts für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik)*, Band 16, Nr. 5, Universität Erlangen Nürnberg.
- [51] Siegmann, H. (1985), Verleich und Stand von zehn ausgewählten kleinrechnerorientierten Planungssprachen, *Arbeitsberichte des Instituts für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik)*, Band 18, Nr. 1, Universität Erlangen Nürnberg.
- [52] Siemens (1976), *METHAPLAN—Methodenbankablaufsystem für Planung und Analyse*, München.
- [53] Smith, A.M.R., Lee, L.S., Hand, D.J. (1983), Interactive User-Friendly Interfaces to Statistical Packages, *The Computer Journal* 26, 199-204.
- [54] Sparkes, J.R., McHugh, A.K. (1984), Awareness and Use of Forecasting Techniques in British Industry, *Journal of Forecasting* 3, 37-42.
- [55] SPSS (1983), *SPSS-X User's Guide*, New York, Mc Graw Hill.
- [56] Thisted, R.A. (1986), Representing Statistical Knowledge for Expert Data Analysis Systems, in: Gale, W.A.(Ed.), *Artificial Intelligence and Statistics*, Addison-Wesley, 267-284.
- [57] Trautmann, S. (1988), OPTRAD: A Decision Support System for Portfolio Management in Stock and Option Markets, in: Gaul, W., Schader, M.(Eds.), *Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications*, Springer, 185-203.

- [58] Tüshaus, U. (1988a), Decision Support for Qualitative Data - KEE Shell Linked to Fortran Programs, in: Gaul, W., Schader, M. (Eds.), *Data, Expert Knowledge and Decisions: An Interdisciplinary Approach with Emphasis on Marketing Applications*, Springer, 204-212.
- [59] Tüshaus, U. (1988b), Entscheidungsunterstützung bei der Analyse qualitativer Daten, in diesem Band.
- [60] Victor, N. (1984), Computational Statistics: Tools or Science?, *Statistical Software Newsletter* 10(3), 105-116.
- [61] Wolstenholme, D.F., Nelder, J.A. (1986), A Front End for GLIM, in: Haux, R. (Hrsg.), *Expert Systems in Statistics*, Fischer, 155-177.
- [62] Woodward, W.A., Elliot, A.C. (1983), Observations on Microcomputer Programs for Statistical Analysis, *Statistical Software Newsletter* 9(2), 52-60.