

# **KRIEG IM AETHER**

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich  
im Wintersemester 1985/1986

Leitung:

Bundesamt für Übermittlungstruppen

Divisionär J. Biedermann, Waffenchef der Übermittlungstruppen

## **Mobile Führungssysteme (C3I-Systeme)**

Referent: H. Ebert, Dr. Ing.

1-1

# MOBILE FUEHRUNGSSYSTEME (C<sup>3</sup>I – SYSTEME)

H. Ebert, Dr.-Ing.

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung
2. Komponenten und Funktionen eines rechnergestützten C<sup>3</sup>I-Systemes
  - 2.1 Einführung anhand eines klassischen Beispiels
  - 2.2 Grundsatzstrukturen eines rechnergestützten C<sup>3</sup>I-Systemes
3. Beispiele rechnergestützter C<sup>3</sup>I-Systeme
  - 3.1 Führungs- und Waffensystem für Kriegsschiffe
  - 3.2 Mobiles Flugabwehrsystem für Landstreitkräfte
  - 3.3 Computergestütztes Artillerie-Feuerleitsystem
4. Verbund mobiler C<sup>3</sup>I-Systeme
  - 4.1 Hierarchisierung der Interoperabilität
  - 4.2 Verbund von Führungsinformationssystemen der Bundeswehr
  - 4.3 Mobile Führungsinformationssysteme des Heeres
  - 4.4 Mobiles Führungsinformationssystem HEROS
5. Technische Weiterentwicklung und neue Möglichkeiten der DV in C<sup>3</sup>I-Systemen
  - 5.1 Allgemeines
  - 5.2 Schwerpunkte der DV-Entwicklung und ihr Einfluss auf künftige C<sup>3</sup>I-Systeme
6. Schlusswort - Weiteres Vorgehen
7. Literaturverzeichnis

Adresse des Autors:

Heinz Ebert, Dr.-Ing.  
AEG / Geschäftsbereich Hochfrequenztechnik  
D-7900 Ulm

"Krieg im Aether", Folge XXV

## 1-2

1. EINLEITUNG

In den militärischen Führungsstäben des atlantischen Bündnisses sowie unabhängiger Nationen mit technisch westlich orientierter Verteidigung begann sich spätestens Anfang der 70er Jahre die Erkenntnis durchzusetzen, dass bei der Führung hochtechnisierter und hochmobiler Streitkräfte auf den Einsatz rechnergestützter mobiler Führungssysteme nicht mehr verzichtet werden kann. Unter rechnergestützten Führungssystemen sollen dabei Systeme verstanden werden, die im Englischen weiter und präziser gefasst als "Command/Control/Communication/Intelligence Systems" (C<sup>3</sup>I-Systeme) bezeichnet werden. Die Beifügung des Begriffes "mobil" verdeutlicht dabei, dass rechnergestützte Führungssysteme nicht länger, wie schon seit über 20 Jahren üblich, auf den Einsatz in stationären und verbunkerten Leitzentralen (z.B. der Luftraumverteidigung) beschränkt sind, sondern in mobile Verbände und deren technische Ausrüstung integriert werden.

Mobile rechnergestützte Führungssysteme unterstützen unmittelbar die militärische Einsatzführung, d.h. die taktische und strategische Führung von Einheiten, Verbänden sowie von Waffensystemen. Die Aktivitäten in stationären und mobilen Führungssystemen bzw. in C<sup>3</sup>I-Systemen werden durch das Zusammenspiel von Sensor-, Computer-, Waffen- und Kommunikationssystemen geprägt. Hierbei bilden die Aufgaben der Ermittlung, Übertragung, Verarbeitung und Darstellung von Informationen den Schwerpunkt. Versteht man unter Informatik allgemein die Technik der Informationsverarbeitung, so kommt der Informatik in C<sup>3</sup>I-Systemen eine fundamentale Rolle zu. Aus der Sicht der Informatik ist für die Datenverarbeitung in C<sup>3</sup>I-Systemen ein anderer gebräuchlicher Begriff anwendbar: "Embedded Computer Systems" bedeutet, dass Computer integrale Bestandteile eines für einen bestimmten Aufgabenbereich konzipierten Systems sind. C<sup>3</sup>I-Systeme enthalten Teilfunktionsbereiche und Teilkomponenten, die aus organisatorischen und technischen Gründen "disloziert", d.h. räumlich distanziert sind. Ob dabei die räumlichen Abstände nur Kabellängen von einigen 100 m oder im Extrem Distanzen von mehreren 100 km ausmachen, spielt prinzipiell keine Rolle. Hierdurch kommt der Kommunikationstechnik, d.h. der Technik der Nachrichtenübertragung in C<sup>3</sup>I-Systemen, ebenfalls eine fundamentale Bedeutung zu. Moderne Kommunikationstechnik ist jedoch, wie man weiss, heute ebenfalls ohne Digitaltechnik und Computer nicht mehr denkbar.

Die Betrachtung der Aspekte der Informatik bzw. der Datenverarbeitung in C<sup>3</sup>I-Systemen bedeutet somit eine Auseinandersetzung mit zwei grundsätzlichen Aufgabenbereichen, die der Datenverarbeitung zukommen, nämlich der

- Informationsverarbeitung und der
- automatisierten Abwicklung der Kommunikation.

Darüber hinaus existieren die für jede Datenverarbeitung typischen Probleme der Ein- und Ausgabe von Informationen, allgemein als "Schnittstellen"-Probleme bezeichnet. Diese können insbesondere dann komplex sein und höherer technischer Aufwendungen sowie intensiver ergonomischer Überlegungen bedürfen, wenn es sich um die Schnittstelle zum Menschen handelt. Als Erweiterung bisher üblicher technischer Lösungen in Form von Displays und Keyboards bietet sich hier in Zukunft die computergesteuerte Spracheingabe und -ausgabe an.

Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Analyse und Realisierung der Datenverarbeitungsproblematik in mobilen C<sup>3</sup>I-Systemen sowie die Betrachtung zukünftiger Möglichkeiten.

2. KOMPONENTEN UND FUNKTIONEN EINES RECHNERGESTÜTZTEN C<sup>3</sup>I-SYSTEMS2.1 EINFÜHRUNG ANHAND EINES KLASSISCHEN BEISPIELS

Aus welchen Komponenten besteht ein (rechnergestütztes) C<sup>3</sup>I-System und welches sind die ihnen vom Grundsatz her zugeordneten Funktionen? Diese Frage wollen wir am klassischen Beispiel der bodengestützten Radarführung eines Flugzeuges, z.B. eines Abfangjägers klären (Fig. 1): Die Radaranlage erfasst sowohl das gegnerische Flugziel als auch den darauf angesetzten Abfangjäger, sie übernimmt im C<sup>3</sup>I-System die Aufgabe eines Sensors. Der Jägerleitoffizier (Operator) ermittelt anhand aufeinanderfolgender Radarabtastungen den Verlauf der Flugbewegung des Gegners und weist den Abfangjäger in Richtung eines möglichen Zusammentreffens ein, gegebenenfalls unter Korrektur des ebenfalls per Radar ermittelten Abfangjägerkurses. Er übernimmt damit im System die Funktionen der Entscheidungsfindung und Lenkung (Command/Control). Der Radarschirm dient der Informationsdarstellung; die vom Schirmbildbetrachter ebenfalls übernommenen Funktionen der Zielentdeckung (Detection) und Zielverfolgung (Tracking) sind vorbereitende Funktionen für die eigentliche Lenk-aufgabe. Der Abfangjäger übernimmt die Aufgabe eines Effektors, d.h. eines Handlungsträgers für die von der Führung getroffenen Entscheidungen. Die Sprechverbindung zwischen Jägerpilot und Jägerleitoffizier einerseits sowie zwischen Jägerleitoffizier und eventuell einer höheren Führungsstelle andererseits bilden im System den Anteil der Kommunikation.

1-3

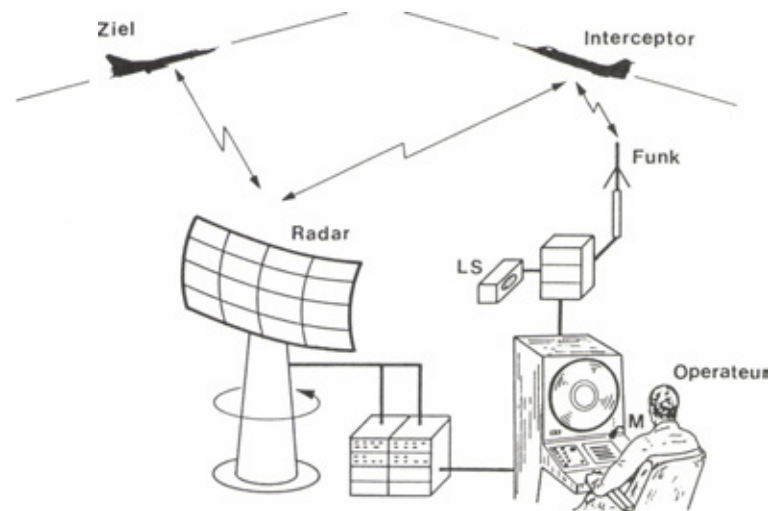
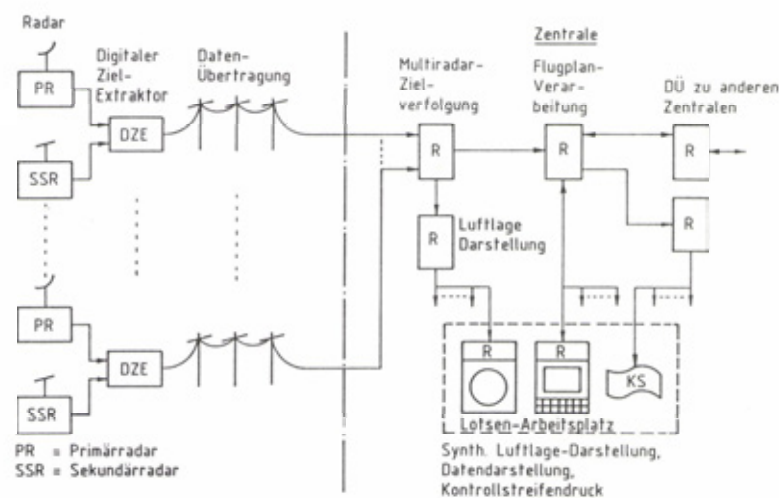


Fig. 1 Bodengestützte Radarführung eines Interceptors

Fig. 2 Rechnergestütztes C<sup>3</sup>I-System für Flugführung

Führt man in dieses klassische Grundsystem den Computer als Hilfsmittel ein, so ergeben sich folgende Veränderungen und Erweiterungen (Fig. 2):

- Die Funktion der Zielentdeckung wird vom Menschen auf einen Computer, den Radarzielextraktor verlagert und damit automatisiert.
- Das Gleiche geschieht mit der Zielverfolgung, diese übernimmt ein komplexes Verarbeitungsprogramm in einem Rechner.
- Die von mehreren Radarstationen automatisch erkannten und sich z.T. überlappenden Zielbewegungen bzw. Flugspuren lassen sich zu resultierenden Flugspuren im C<sup>3</sup>I-System zusammenlegen. Diese Aufgabe übernimmt ein Multiradar-Zielverfolgungsprogramm in einem am Ort der Führungszentrale aufgestellten Rechner. Hierdurch kann die Radarortung wesentlich zuverlässiger und weiträumiger gestaltet werden.
- Weitere Rechner übernehmen die sog. synthetische Luftlagedarstellung auf rechnergesteuerten Sichtgeräten.

8-4

- Durch die vermehrte Anzahl von Sensoren (Radarstationen) sowie Auswertern und Führungspersonen an Bildschirmen wird die Kommunikationsaufgabe komplexer und umfangreicher, sie wird im Sinne eines modernen Systemkonzeptes am besten mittels Computer automatisiert abgewickelt unter Zuhilfenahme der Technik der Datenpaketvermittlung per Leitung oder Funk.

Durch die Zuhilfenahme von Computern wird der Mensch von wesentlichen Hilfsfunktionen, z.B. der Radarzielentdeckung und -Verfolgung, entlastet. Durch die rechnergesteuerte Luftlagedarstellung wird ihm die laufende Identifizierungsarbeit weitgehend abgenommen bzw. erleichtert (mitgeführte Darstellung von alphanumerischen Identifizierungs-Angaben etc.), er bleibt jedoch weiterhin der Entscheidungsträger bei der Flugführung, d.h. der Lenkung der Effektoren. Ferner ermöglicht der Rechnereinsatz eine wesentlich weiträumigere und vielseitigere Bewältigung der Führungsaufgabe, man denke nur z.B. an die automatisierte Kommunikation mit Nachbarzentralen.

## 2.2 GRUNDSATZSTRUKTUREN EINES RECHNERGESTÜTZTEN C<sup>3</sup>I-SYSTEMES

Die an dem vorliegenden komplexen und sicherlich hinreichend bekannten Beispiel erläuterten Grundsatzkomponenten und -funktionen eines rechnergestützten C<sup>3</sup>I-Systemes kehren vom Prinzip her in allen, d.h. auch in mobilen C<sup>3</sup>I-Systemen wieder. Wir können damit in abstrahierter Weise die prinzipiellen Komponenten und Funktionen aufzählen, deren Zusammenwirken ein rechnergestütztes Führungssystem (C<sup>3</sup>I-System) ergeben:

- Sensoren/Detektoren/Signal Verarbeitung/Informationsgewinnung
- Informations-Verarbeitung, -Darstellung, -Bewertung
- Entscheidungsfindung, Führung
- Veranlassung, Steuerung von Effektoren
- Datenübertragung zu den Effektoren
- Datenübertragung von/zu anderen Führungssystemen

Die Aufgaben der Informationsübertragung haben neben den funktionellen Aufgaben einen merklichen Anteil am Gesamtsystem. Vom Grundsatz her kann ein rechnergestütztes C<sup>3</sup>I-System als eine Integration von Verfahren und Komponenten der Nachrichtentechnik und der Informatik angesehen werden. Der Mensch ist in das System als "Entscheidungsträger" einbezogen, da er weiterhin die Aufgaben der Entscheidungsfindung und Führung übernimmt.

## 3. BEISPIELE RECHNERGESTÜTZTER C<sup>3</sup>I-SYSTEME

### 3.1 FUEHRUNGS- UND WAFFENSYSTEM FUER KRIEGSSCHIFFE

Mobile C<sup>3</sup>I-Systeme, deren grundsätzlicher Aufbau gerade beschrieben wurde, stehen entweder schon für den Einsatz zur Verfügung oder werden in laufenden Entwicklungsvorhaben verwirklicht. Als erstes Beispiel kann hier das computerunterstützte Führungs- und Waffensystem eines Kriegsschiffes dienen, das in dieser grundsätzlichen Form in der BRD für die Fregatte Fl22 sowie die Schnellboote S143A entwickelt wurde. Die Systemverantwortung für die Elektronik lag in beiden Fällen bei der Firma AEG. Dieses System kann als Uebergang vom vorhin beschriebenen stationären System für die Luftraumüberwachung zum mobilen System betrachtet werden. Fig. 3 vermittelt eine Funktionsübersicht: Man erkennt die typischen Teilbereiche der Sensoren (oben), des Zentralrechners einschliesslich der Sichtgeräte für die Informationsdarstellung (Bildmitte), der Kommunikationseinrichtungen (Bildmitte) sowie der Effektoren (unten).

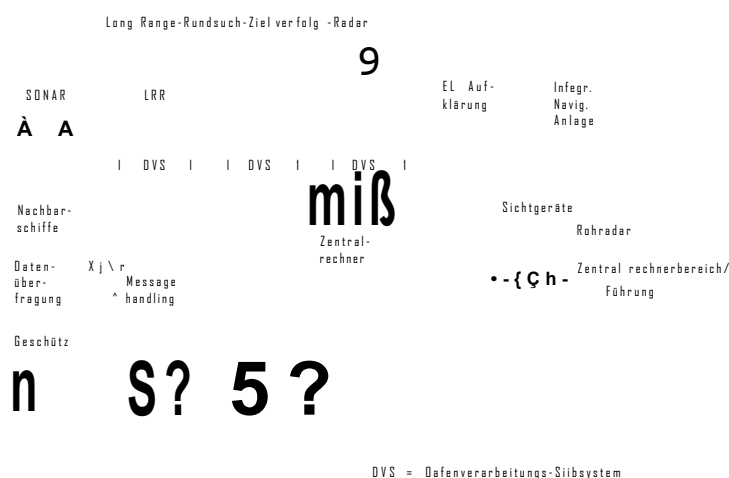


Fig. 3 Rechnergestütztes Führungssystem für Schiffe

## 1-5

Zum Sensorbereich gehören:

- Weitbereichsradar
- Zielverfolgungsradar
- Sonar für Unterwasser-Ortung
- Elektronische Aufklärungsgeräte

Typische Geräte des Effektor-Bereiches sind:

- Geschütz
- Flugkörpersystem Harpoon für Seezielbekämpfung
- ASMD-(Anti Ship Missile Defense) Flugkörpersystem zur Bekämpfung von Luftzielen im Nahbereich
- Flugkörpersystem Seasparrow zur Bekämpfung von Luftzielen
- ECM-Geräte

Typische Komponenten des Kommunikations-Bereiches sind:

- Message-Handling-Geräte
- Link = Kommunikationsmittel zu andern Schiffseinheiten sowie zum mitgeführten Hubschrauber

Ferner ist eine integrierte Navigationsanlage INA vorhanden, die zur Positionsbestimmung des Schiffes dient und die Eigenschiffsdaten den übrigen Geräten zur Verfügung stellt.

Alle genannten Geräte sind an einen zentralen Rechner angeschlossen und können über diesen Daten austauschen. Ferner sind mit dem Zentralrechner Mehrfunktions-Sichtgeräte gekoppelt, die eine analoge Radarbilddarstellung sowie eine synthetische Lagedarstellung erlauben. Sie dienen zur Durchführung bzw. Unterstützung der für Kampfschiffe typischen operationellen Funktionen wie:

- Unterstützung der Verbandsführung
- Ueberwasser-Waffeneinsatzleitung
- Unterwasserziel-Bekämpfung (Einsatzleitung von Hubschraubern)
- Luftlage-Erfassung
- Seelage-Erfassung
- Eloka-Geräte-Einsatz
- Tracking

Die Geräte des Sensor-, Effektor- und Datenübertragungs-Bereiches verfügen über eigene Datenverarbeitungs-Subsysteme zur Erfüllung ihrer jeweiligen Einsatzaufgaben, d.h. ihre Funktion ist vom Zentralrechner unabhängig. Der Zentralrechner-Komplex unterstützt damit im wesentlichen die Führungsfunktion sowie das Zusammenspiel der Einzelsysteme.

### 3.2 MOBILES FLUGABWEHRSYSTEM FUER LANDSTREITKRAEFTE

Ein typisches Beispiel für ein mobiles Führungs- und Waffensystem stellt das "Heeresflugabwehr-Aufklärungs- und Gefechtsführungs-System" HFlaAFÜSys dar, das zur Zeit in der BRD entwickelt wird. Seine Aufgabe ist die Kampfführung gegen Flugzeuge in mittleren und niedrigen Flughöhen. Diese Aufgabe gliedert sich in folgende Teilbereiche:

- Frühzeitige Zielerkennung mit möglichst hoher Reichweite bis in Bodennähe
- Erfassung, Zusammenstellung und weiträumige Uebertragung der Zielinformationen vieler Sensoren
- Einweisung der Waffenträger
- Luftlagedarstellung und Bereitstellung von Entscheidungshilfen für taktische Führung
- Erkennen, Lokalisieren sowie Abwehr von gegnerischen ECM-Massnahmen.

Fig. 4 gibt eine Uebersicht über den strukturellen Systemaufbau: Die Aufklärung wird durch die Teilsysteme LÜR (Luftraumüberwachungsradar), TÜR (Tieffliegerüberwachungsradar) sowie den Flugabwehr-Aufklärungsführer-LKW (LKW FlaAFü) durchgeführt. Das LÜR ist ein von AEG entwickeltes mobiles 3D-Aufklärungsradar mit Pencil-Beam-Antennen-Charakteristik, wobei die Antenne in Azimutrichtung mechanisch, in der Elevation elektronisch geschwenkt wird. Das TÜR ist ein von Siemens entwickeltes mobiles Pulsdoppler-Radar für die Erfassung von Tieffliegern. Die Führung geschieht mittels der Fahrzeuge LKW FlaFü (Gefechtsstand des Flugabwehr-Regimentkommandeurs) sowie TPz FlaFü (Führungsfahrzeug des Batterie-Chefs). Als Waffensysteme stehen der Flugabwehrkanonenpanzer GEPARD sowie der Flugabwehrraketenpanzer ROLAND zur Verfügung. Die Kommunikation zwischen den beteiligten Fahrzeugen einschliesslich der Vermittlung von Radarinformationen geschieht per Funk.

1-6

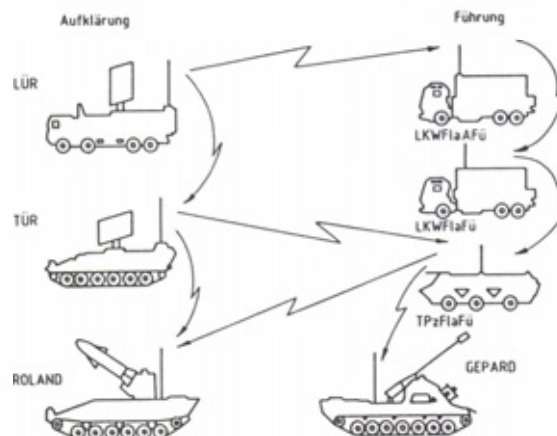


Fig. 4 Struktur des mobilen Heeresflugabwehrsystems "HFlaAFüSys"

Als Rechner wird in allen Komponenten des HFlaAFüSys der für den Einsatz in mobilen militärischen Führungssystemen entwickelte und inzwischen zum "Querschnittsgerät" der Bundeswehr erklärte Rechner MR 8020 der Firma AEG eingesetzt. Dieser Rechner wurde von einer zivilen Prozessrechnerfamilie (ATM 80-30 bzw. AEG 80-20) abgeleitet und erlaubt aufgrund seiner modularen Aufbauweise die Anpassung an unterschiedlichste Aufgabenbereiche. Je nach Aufgabenbereich werden in den Komponenten bzw. Fahrzeugen des HFlaAFüSys mehrere, miteinander über Bussysteme gekoppelte Rechneinheiten eingesetzt.

Es ist leicht zu erkennen, dass in diesem Beispiel eines mobilen Führungssystems die Prinzipien der "verteilten" Rechnersysteme bzw. der "Embedded Computer Systems" bereits vollständig angewendet werden. Im zuvor gezeigten Führungssystem für Kampfschiffe bildet dagegen der Zentralrechner noch die alle Komponenten verbindende zentrale Einheit.

### 3.3 COMPUTERGESTÜTZTES ARTILLERIE-FEUERLEITSYSTEM

Ein weiteres typisches Beispiel eines mobilen Führungssystems für den unmittelbaren Waffeneinsatz stellt ein computergestütztes Artillerie-Feuerleitsystem dar. Systeme für diesen Aufgabenbereich wurden von der Firma AEG für den Einsatz bei in- und ausländischen Streitkräften entwickelt und stehen dort seit mehreren Jahren im Einsatz. Das Systemkonzept ist äusserst modular ausgelegt, um an unterschiedlichste einsatzmässige Anforderungen angepasst werden zu können. Fig. 5 vermittelt eine Uebersicht über die Grundsatzstruktur der neuesten Systemversion:

- Im zentralen Feuerleitrechner werden anhand eingegebener Daten wie Azimut und Entfernung des gegnerischen Zieles, Daten über Ort und Typ der Geschütze, Kaliberdaten der verwendeten Munition, Daten über Luftdruck, Windrichtung etc. die Schusswerte für die einzelnen Geschütze der Batterie errechnet und automatisch an diese weitergegeben.
- Die Datenübermittlung zu den Geschützen kann wahlweise per Funk oder per Kabelverbindung geschehen.
- Am jeweiligen Geschütz werden die Einstelldaten auf dafür besonders konstruierten, mikrocomputer-gesteuerten Anzeigegeräten angezeigt.
- Ein vorgeschobener Beobachter steht über Funk mit dem Feuerleitrechner in Verbindung und kann mittels eines mitgeführten Anzeigegerätes mit Tastatur Korrekturwerte für das Geschützfeuer unmittelbar in den Feuerleitrechner eingeben.
- Ein mit einem eigenen Rechner ausgestattetes Meteo-System dient der automatischen Erfassung und Auswertung von Wetterdaten. So kann z.B. die Windrichtung und -geschwindigkeit über eine Ballonsonde bestimmt werden, deren Bewegung mittels eines speziellen Radars verfolgt wird. Die ermittelten Wetterdaten werden dem Feuerleitrechner automatisch zugeführt.
- Zur automatisierten Abwicklung der Kommunikation enthalten die Rechner und die mikrocomputer-gesteuerten Anzeigegeräte entsprechende Hardware- und Softwarekomponenten.

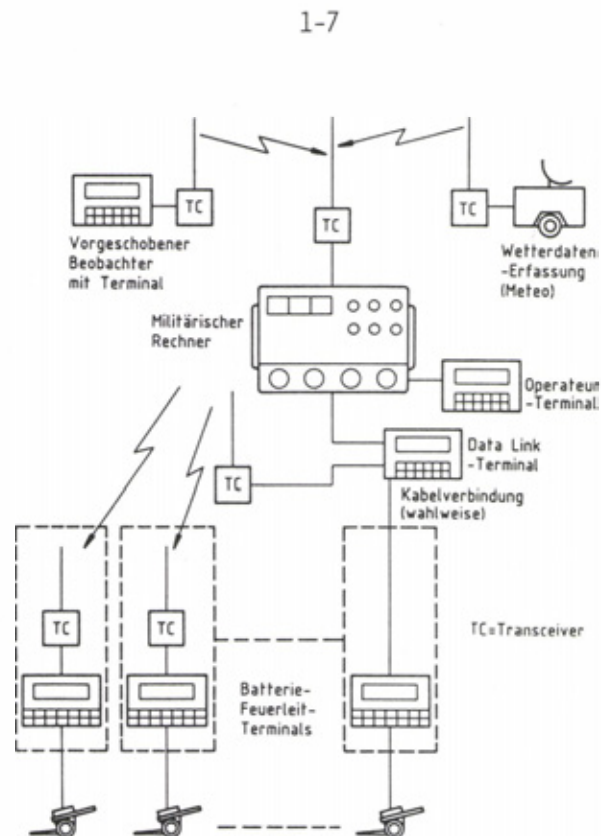


Fig. 5 Artillerie-Feuerleitsystem

Auch in diesem Systembeispiel lässt sich die beschriebene Grundsatzstruktur eines Führungssystems wiederfinden:

- |                            |                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| - Sensoren                 | = vorgeschobener Beobachter, Meteosystem                                  |
| - Informationsverarbeitung | = Feuerleitrechner                                                        |
| - Führung                  | = Batteriechef, Beobachter                                                |
| - Effektoren               | = Geschütze                                                               |
| - Datenübertragung         | = Hardware-/Softwarekomponenten für rechnergesteuerte Kommunikation, Funk |

Als Rechnertyp wurde bisher der militärische mobile Rechner TR84 "Falke" eingesetzt. Inzwischen wurde das Systemkonzept auf den Einsatz des neuen Standardrechners MR 8020 umgestellt.

#### 4. VERBUND MOBILER C<sup>3</sup>I-SYSTEME

##### 4.1 HIERARCHISIERUNG DER INTEROPERABILITÄT

Bisher wurden die Funktionen und Komponenten mobiler C<sup>3</sup>I-Systeme anhand von Beispielen unter Betonung der jeweiligen systemtechnischen Aufgabenstellung und der Grundsätze ihrer Lösung beschrieben. Führungs- bzw. C<sup>3</sup>I-Systeme werden im militärischen Bereich jedoch kaum als "Einzelgänger" eingesetzt, sondern arbeiten in der Regel im Verbund. Dies entspricht auch der hierarchisch strukturierten Führungsorganisation militärischer Verbände sowie der militärischen Ablauforganisation, in der sich Einheiten unterschiedlicher Waffengattungen gegenseitig unterstützen. Dementsprechend kann die Kooperation von C<sup>3</sup>I-Systemen

- hierarchisch gestuft erfolgen, indem z.B. ein übergeordnetes (mobiles) C<sup>3</sup>I-System Meldungen, Daten und Anweisungen an ein C<sup>3</sup>I-System zur unmittelbaren Einsatzleitung bzw. Waffenführung vermittelt und von diesem Rückmeldungen erhält, oder
- auf gleicher Stufe geschehen, z.B. wenn die Artillerieführungssysteme der Streitkräfte unterschiedlicher Nationen Daten austauschen.

Der Fähigkeit von C<sup>3</sup>I-Systemen zur "Interoperabilität" kommt somit in der militärischen Praxis eine hohe Bedeutung zu. Die Forderungen der Interoperabilität zu festgelegten Partnern müssen schon im Planungsstadium von C<sup>3</sup>I-Systemen genau definiert werden. Sie betreffen unter anderem die Festlegung von Meldungsformaten und Abläufen, die Art der auszutauschenden Informationen sowie die quantitative Festlegung physikalischer und logischer Eigenschaften von Kommunikationsverfahren.

Die Zielsetzung des Einsatzes von C<sup>3</sup>I-Systemen im Wehrbereich ist die Unterstützung eingeführter und bewährter Führungsvorgänge und zugehöriger Organisationsstrukturen durch technische Hilfsmittel. Dabei soll vor allem eine Beschleunigung des mit der Führungsaufgabe verbundenen Daten- und Informationsverkehrs erreicht werden. C<sup>3</sup>I-Systeme müssen demnach in den militärischen Führungsvorgang eingeordnet werden. Diese im Prinzip triviale und selbstverständliche Forderung erhält noch höheres Gewicht bei der Planung und dem Aufbau des Verbundes militärischer C<sup>3</sup>I-Systeme. Das Verständnis für die Strukturierung des C<sup>3</sup>I-Systemverbundes setzt eine detaillierte Kenntnis der Organisation militärischer Verbände einschliesslich ihrer Führungsorganisation voraus, wobei zum Teil nationale Eigenheiten eine zusätzliche Rolle spielen. Ihre Beschreibung würde den Rahmen vorliegender Ausführungen sprengen und kann auch nicht Aufgabe eines Technikers sein. Die nachfolgende Beschreibung des Verbundes mobiler C<sup>3</sup>I-Systeme beschränkt sich daher auf eine Wiedergabe der derzeitigen Situation bei der Bundeswehr der BRD, ohne dass auf die zugrundeliegenden militärischen Anforderungen und Gegebenheiten näher eingegangen wird.

#### VERBUND VON FÜHRUNGSIONFORMATIONSSYSTEMEN DER BUNDESWEHR

Der Erlass zur "Konzeption der rechnergestützten Informationssysteme der Bundeswehr" von 1975 unterscheidet zwischen Führungsinformationssystem und Fachinformationssystem. Erstere umfassen alle Systeme für die Einsatzführung und das Alarmwesen (Command/Control/Information System = CCIS), letztere werden zur Unterstützung der militärischen Administration eingesetzt (Management Information System = MIS). Entsprechend dem Erlass sind die Führungsinformationssysteme (CCIS) gekennzeichnet durch

- Realzeitverarbeitung
- Verzuglose Kommunikation durch mehrere Führungsebenen
- Ueberlebensfähigkeit.

Tendenziell gilt für sie ein hoher Realisierungsaufwand (im Vergleich zu den Fachinformationssystemen = MIS) wegen

- besonderer Hardware
- grosser Redundanz
- Ueberlebensmassnahmen wie Einsatz in Bunkern, Auflockerung (back up), Mobilität.

Die Führungsinformationssysteme sollten ursprünglich aus dem Planungszusammenhang mit Aufklärungs- und Waffensystemen herausgenommen werden (DV-Rahmenerlass von 1973). Als man die schwerwiegenden Nachteile eines solchen Vorgehens erkannte, wurde dieser Versuch aufgegeben. Fig. 6 zeigt eine Uebersicht über die wichtigsten Führungsinformationssysteme der Bundeswehr einschliesslich ihrer Verknüpfungen sowie Verbindungen zu Nachbarsystemen. Ein Teil der aufgeführten Systeme ist erst im Planungszustand, andere werden zur Zeit entwickelt bzw. erprobt, einige sind schon im Einsatz.

FüInfoSysFü S

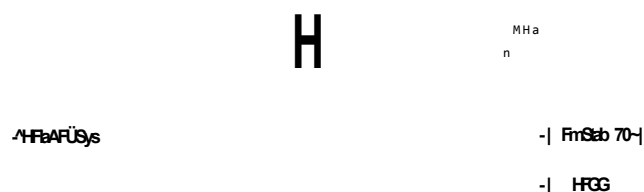


Fig. 6 Führungs-Informationssysteme der Bundeswehr (Gesamtplanung)

1-9

Die Abkürzungen in Fig. 6 bedeuten:

|               |                                                                                           |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| FüInfoSysFü S | Führungsinformationssystem des Fü S                                                       |
| FUZ H         | Führungszentrum Heer                                                                      |
| HEROS         | Heeres Führungsinformationssystem für die rechnergestützte Operationsführung in Stäben    |
| ADLER         | Artillerie Daten-Lage-Einsatz-Rechnerverbund                                              |
| IFAB          | Integrierte Feuerleitung Artillerie Batterie                                              |
| ARES          | Artillerie-Raketen-Einsatzsystem                                                          |
| Tacfire       | Art.-Führungssystem der US-Streitkräfte                                                   |
| HFlaAFuSys    | Heeres-Flugabwehr-Aufklärungs- und Gefechtsführungssystem                                 |
| FUZ L         | Führungszentrum Luftwaffe                                                                 |
| EIFEL         | Elektronisches Informations- und Führungssystem für die Einsatzbereitschaft der Luftwaffe |
| FmBer 70      | Auswertezentrale Luftwaffe Fm-Bereich 70 (EloKa)                                          |
| SYLT          | System für Lufttransport                                                                  |
| DISTEL        | Digitales Informationssystem für die Einsatzzentrale der Luftwaffe                        |
| TMD           | Tieffliegermeldedienst der Luftwaffe                                                      |
| NADGE         | NATO Air Defense Ground Environment                                                       |
| FUZ M         | Führungszentrum Marine                                                                    |
| MHQ           | Marine Hauptquartier                                                                      |
| FmStab 70     | Auswertezentrale Marine FmStab 70 (EloKa)                                                 |
| MFGG          | Marinefliegergeschwader                                                                   |
| SATIR         | System zur Auswertung taktischer Informationen auf Raketenschiffen                        |
| AGIS          | Automatisiertes Gefechts- und Informationssystem auf Schnellbooten                        |

Der Aufgabenbereich der einzelnen Systeme geht aus der Erklärung der Kurzbeschreibungen hervor.

#### 4.3 MOBILE FÜHRUNGSSYSTEME DES HEERES

Zur Verdeutlichung des hierarchisch gestuften Zusammenwirkens von C3I-Systemen soll aus der vor-herigen Gesamtdarstellung in Fig. 6 der Komplex der mobilen Führungsinformationssysteme des Heeres herausgelöst und näher betrachtet werden (Fig. 7):

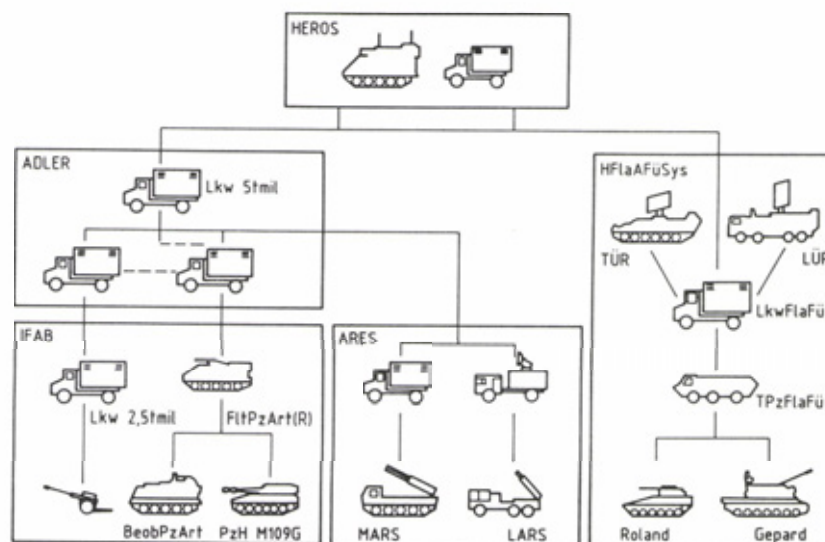


Fig. 7 Führungssysteme der Bundeswehr

- Die Systeme HEROS-1 und -2 (Heeres-Führungsinformationssystem für die rechnergestützte Operationsführung in Stäben), neuerdings zu "HEROS-2/1" zusammengefasst, unterstützen die Stabsarbeit in den Gefechtsständen der Brigaden und Divisionen (HEROS-1) bzw. des Korps (HEROS-2) und bilden somit die oberste Ebene der Führungsmittel des Feldheeres. Die wichtigsten Zellen der Brigade- und Divisionsgefechtsstände werden in gepanzerten Gefechtsstandfahrzeugen M 577 untergebracht. Diese nehmen später auch die DV-Geräte des HEROS auf.

1-10

- Das schon beschriebene HFlaAFüSys ist dem Heros direkt untergeordnet.
- Ebenfalls dem HEROS direkt untergeordnet ist das Artillerie-Führungsinformations- und Feuerleitungssystem ArtFüInFELSys, das seinerseits wieder in folgende Untersysteme gegliedert ist:
- ADLER = Artillerie-Daten-Lage und Einsatzrechner; dieses mobile Führungsinformationssystem dient zur Lenkung der Einsatzsysteme der Artillerie sowie ihrer Versorgung mit Einsatzdaten. Es ist gekennzeichnet durch eine grosse Anzahl mobiler Dateneingabestationen, die über Datenfunknetze ("Funkkreise") sowie mobile Knotenrechner mit der Artillerieführung bzw. den Einsatzsystemen in Verbindung stehen.
- IFAB = Integrierte Feuerleitung Artillerie Batterie = Einsatzleitsystem der mit Rohrwaffen ausgestatteten Artillerie.
- ARES = Artillerieraketen Einsatzsystem = Einsatzleitsystem der Raketenartillerie.

Die Teilsysteme des ArtFüInFELSys befinden sich zur Zeit in folgenden Phasen:

HEROS: Entwicklung eines Versuchssystems HEROS 1X3 abgeschlossen, Erprobung in Gange; Truppenversuchssystem zur Zeit in Ausschreibung (Teil 1 = Gefechtsstände "Rück" = nichtgepanzerte Einheiten)

ADLER: Entwicklung begonnen

IFAB: Truppenversuche abgeschlossen

ARES: Entwicklung weitgehend durchgeführt

HFlaAFüSys: Entwicklung in Gange

Das System ADLER enthält eine Schnittstelle zum US-System Tacfire. Die Austauschmöglichkeit von Informationen wurde in einer experimentellen Interoperabilitätsstudie bereits erfolgreich getestet.

#### 4.4 MOBILES FÜHRUNGSSYSTEM HEROS

Das System HEROS verkörpert eine der interessantesten Planungen und Entwicklungen im Bereich mobiler C<sup>3</sup>I-Systeme, da es einen ersten Versuch darstellt, die Planungsarbeit der Stäbe des Feldheeres durch ein DV-System zu unterstützen. Der hier gegebene Raum verbietet eine ausführliche Beschreibung der Einzelheiten des Systemkonzeptes. Basis des Systemkonzeptes von HEROS ist die Festlegung, dass jede Zelle über ein eigenes DV-System mit Datenspeicher verfügt. Somit werden die Daten und Programme auf dem Gefechtsstand mehrfach geführt. Eine Kopplung aller Datenzellen über ein Gefechtsstandsnetz ermöglicht die ständige Aktualisierung der Datenbestände (Fig. 8).

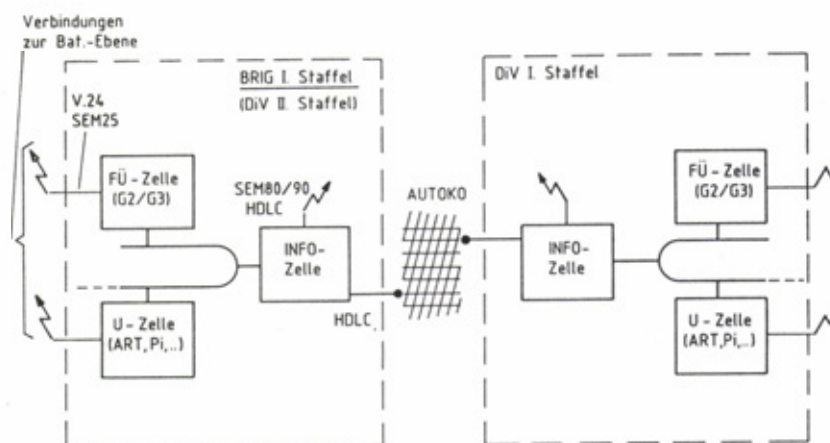


Fig. 8 Versuchssystem HEROS 1x3

1-11

Dieses Grundkonzept sichert die Möglichkeit des staffelweisen Gefechtsstandswechsels sowie die Fortdauer der DV-Unterstützung auch bei Ausfall einzelner Gefechtsstandszellen. Die Hardware-Ausstattung der einzelnen Zellen besteht je nach Aufgabenstellung aus

- Rechner
- Datenspeicher
- Datensichtgerät
- Drucker
- Plotter
- Gerät für graphische Lagedarstellung
- Wechselsprechanlage
- Anschluss an Funk bzw. Autoko-Netz

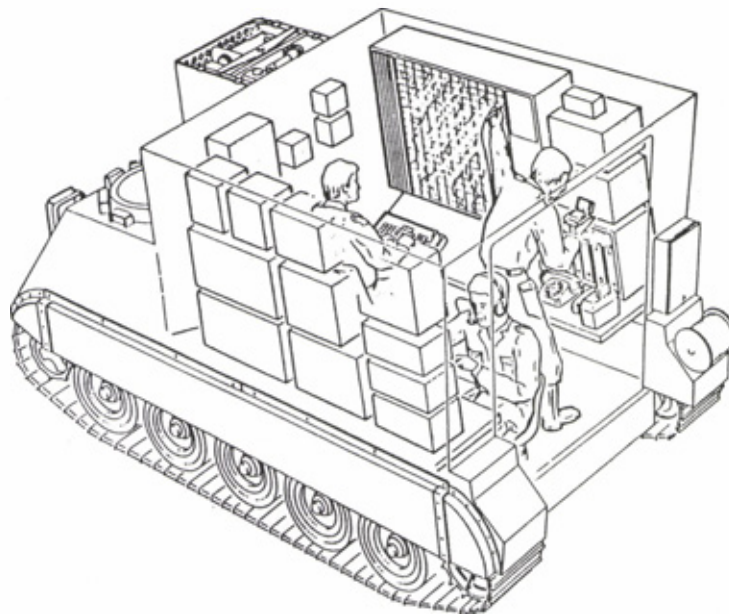


Fig. 9 Einrüstung von HEROS-1 im Gefechtsstandfahrzeug M577

Eine mögliche Einrüstung in das Gefechtsstandfahrzeug M 577 zeigt Fig. 9. Ein besonderes technisches Problem stellt die Bereitstellung eines für mobile Zwecke geeigneten graphischen Lagedarstellungsgerätes hinreichender Grösse dar (Darstellungsfläche 1m x 1m), auf dem über dem beleuchteten Kartenausschnitt Symbole für Truppeneinheiten rechnergesteuert eingeblendet und bewegt werden können. Trotz intensiver und aufwendiger Entwicklungsbemühungen (z.B. LASER-Display) konnte für mobile Zwecke bisher keine überzeugende Lösung gefunden werden.

## 5. TECHNISCHE WEITERENTWICKLUNG UND NEUE MOEGLICHKEITEN DER DV IN C<sup>3</sup>I-SYSTEMEN

### 5.1 ALLGEMEINES

Die bisher behandelten Beispiele für mobile C<sup>3</sup>I-Systeme geben hinsichtlich der eingesetzten DV-Geräte und -Verfahren den technischen Stand wieder, der vor mehreren Jahren erreicht wurde. Dies ist einleuchtend, denn die Konzipierung von DV-Anwendungen setzt als Basis die Verfügbarkeit von technisch gesicherten Verfahren und Komponenten der DV-Technik voraus (Hardware und Software). Der stürmische Fortschritt auf dem Gebiet der Computertechnik, der insbesondere durch die Mikrominiaturisierung der Halbleitertechnologie geprägt wird, hat jedoch nicht nur eine enorme Leistungssteigerung von DV-Systemen bei kleinstem Raumbedarf zur Folge, sondern eröffnet darüberhinaus die Einsatzmöglichkeit von Verfahren, basierend auf neuen DV-Anwendungen, an die bisher noch nicht gedacht werden konnte. Darüberhinaus muss überlegt werden, ob es Ansätze dafür gibt, die bisher enormen Aufwendungen für die Erstellung der rein massgeschneiderten Software für C<sup>3</sup>I-Systeme senken oder zumindest effektiver gestalten zu können. Es ist Aufgabe dieses Abschnittes, diese Aspekte der Weiterentwicklung zu diskutieren.

5.2 SCHWERPUNKTE DER DV-ENTWICKLUNG UND IHR EINFLUSS AUF KUNFTIGE C<sup>3</sup>I-SYSTEMKONZEPTE

Unter dem Aspekt des Einsatzes in C<sup>3</sup>I-Systemen sind folgende Schwerpunkte der Weiterentwicklung der DV-Technik einschliesslich ihres Einflusses auf angrenzende Gebiete zu betrachten:

- Ausweitung der Dezentrierung der Computerleistung ("Verteilte Intelligenz") einschliesslich ihrer damit verbundenen Möglichkeiten, Probleme sowie verfahrensmässigen Grenzen.
- Als Folge davon die Notwendigkeit einer erheblichen Leistungssteigerung der Kommunikationseinrichtungen im C<sup>3</sup>I-System sowie ihre völlige Automatisierung mittels rechnergesteuerter Verfahren.
- Einbezug von rechnergesteuerten Kommunikationsverfahren unter Anwendung der Lichtwellenleitertechnik (LWL) bzw. des Millimeterwellenfunktes.
- Zusätzliche Anwendung der sprachgesteuerten Kommunikation bei der Schnittstelle "Mensch-Maschine", d.h. Anwendung von computergestützten Spracheingabe- und -ausgabeverfahren.
- Vermehrte Anwendung und verbesserte Möglichkeiten graphischer Anzeigen auf Bediener-Sichtgeräten.
- Prüfung, ob von den durch den forcierten Einsatz von Personalcomputern geschaffenen oder noch entstehenden Verfahren und Produkten auch für C3I-Systeme sinnvoll Gebrauch gemacht werden kann. Dies betrifft insbesondere die Anlehnung an Standard-Hardware, Standard-Systemkonzepte und Standard-Softwarepakete von PC's.
- Prüfung des Einsatzes neuer Programmiersprachen sowie neuer Verfahren des Software-Designs bei der Entwicklung und Maintenance der Software für C3I-Systeme.

## 5.2.1 "VERTEILTE INTELLIGENZ"

Man ist geneigt anzunehmen, dass DV-Systemkonzepte unter Anwendung des Prinzips der "Verteilten Intelligenz" erst als Folge der Mikroprozessor-Entwicklung entstanden. Dabei wird übersehen, dass die Verteilung der Rechnerleistung auf eine grosse Anzahl miteinander gekoppelter Prozessoren seit über 25 Jahren vorwiegend in den USA untersucht wird und ihren Niederschlag in der Entwicklung einer Anzahl hauptsächlich für den militärischen Einsatz vorgesehener Spezialrechner gefunden hat. Diese Rechner arbeiten nach einem der vier Prinzipien von "Parallel-Rechnern" (Multiprozessor-Rechner, Array-Rechner, Assoziativ-Rechner, Pipeline-Rechner) und stellen zum Teil die grössten bisher erreichten Rechenleistungen zur Verfügung. Beispiele sind: Illiac IV, Staran, Pepe, Cmp/Cm, Cray-1, Cyber-200-Serie. Die Beschäftigung mit diesen Rechnern hat aber auch die vielfältigen Probleme aufgedeckt, die mit dem Einsatz derartiger Rechner verbunden sind und bisher noch nicht befriedigend gelöst werden konnten.

Eines der Grundsatzprobleme stellt hierbei das erforderliche Betriebssystem dar: Der Benutzer eines konventionellen Rechners ist gewohnt, dass von dem Betriebssystem des Rechners alle für den automatisierten und ordnungsgemässen Ablauf der Anwendersoftware erforderlichen Steuer- und Überwachungsprobleme übernommen werden. Hierzu gehört bei Realzeitsystemen auch die Steuerung von Prioritäten, die Interruptbehandlung oder die Zeitüberwachung zur Vermeidung von "Dead Locks". Beim Ersatz eines leistungsfähigen Grossrechners durch eine "Multi-Mikro"-Rechnerkonfiguration wird der Benutzer die gleichen Erwartungen an ein den gesamten Rechnerkomplex steuerndes "Multi-Prozessor"-Betriebssystem stellen. Für derartige Betriebssysteme konnten jedoch bisher nur unvollkommene Lösungen gefunden werden. Rechnersysteme nach dem Prinzip der "Verteilten Intelligenz" lassen sich problemlos nur in Form sog. "lose gekoppelter" Rechnersysteme betreiben, wobei jeder Rechner von einem eigenen Betriebssystem gesteuert wird. Der Datenaustausch zwischen den Rechnern geschieht entweder über busorientierte Kommunikationssysteme, die bei wachsender Rechnerzahl schnell zum "Flaschenhals" werden können oder über aufwendige, auf die jeweilige Anwendung abgestimmte Topologien der Kommunikation.

Der zukünftige Einsatz von Kommunikationssystemen mit Lichtwellenleitern (LWL) verspricht hier wirksame Abhilfe. Einleuchtend ist jedoch, dass die Zwischenschaltung verfahrensaufwendiger Kommunikationssysteme beim Datenverkehr, zwischen Rechnern den hohen Realzeitforderungen in C<sup>3</sup>I-Systemen im Wege steht. In Bezug auf den Einsatz in künftigen C3I-Systemen ist die Fortentwicklung der Technik der "Verteilten Intelligenz" aufmerksam zu verfolgen. In absehbarer Zeit wird man jedoch Systemkonzepte nach dem Prinzip des "losen" Rechnerverbundes kaum verlassen.

Die hohe Packungsdichte der modernen Computertechnologie erlaubt die konsequente Anwendung des Konzeptes der "Embedded Computers". Damit können die Komponenten eines modernen C<sup>3</sup>I-Systemes als autonome Einheiten einschliesslich der zugehörigen DV-Anteile sowie der Hardware/Softwarekomponenten für die Kommunikation ausgelegt werden. Auf diese Weise lassen sich die Datenflüsse zwischen den Komponenten des C<sup>3</sup>I-Systemes minimieren.

1-13

## 5.2.2 RECHNERGESTEUERTE KOMMUNIKATION

Aus heutiger Sicht kann man die in heutigen C<sup>3</sup>I-Systemen eingesetzten Kommunikations-Verfahren eindeutig als "unterentwickelt" ansehen. Erst die zur Zeit in Entwicklung befindlichen C<sup>3</sup>I-Systeme weisen hier wesentlich verbesserte Systemkonzepte auf. Die Begründung liegt wohl darin, dass einerseits die Aspekte der Kommunikation in C<sup>3</sup>I-Systemen bisher vernachlässigt wurden und andererseits erst in den letzten zehn Jahren leistungsfähige, nach genormten Prozeduren ("Protokollen") arbeitende rechnergesteuerte Datenkommunikationsverfahren erarbeitet wurden. Aus Raumgründen kann hierauf nur näherungsweise eingegangen werden. Rechnergesteuerte Datenkommunikationsverfahren lassen sich einteilen in:

- Verfahren zur Kommunikation über weite Entfernungen ( $\gg 1...10$  km), bei denen man auf relativ schmalbandige Leitungs- und Funkverbindungen angewiesen ist. Dieser Verfahren bedient sich die "Datenfernverarbeitung", bei der eine Vernetzung von Rechnern über weite Entfernungen vorgenommen wird (Rechner-Fernnetz, WAN = Wide Area Network). Die Datenvermittlung geschieht über eigens dafür eingesetzte Rechner, den "Knotenrechnern" (Nodes). Fig. 10 zeigt die physikalische Struktur eines Rechner-Fernnetzes.

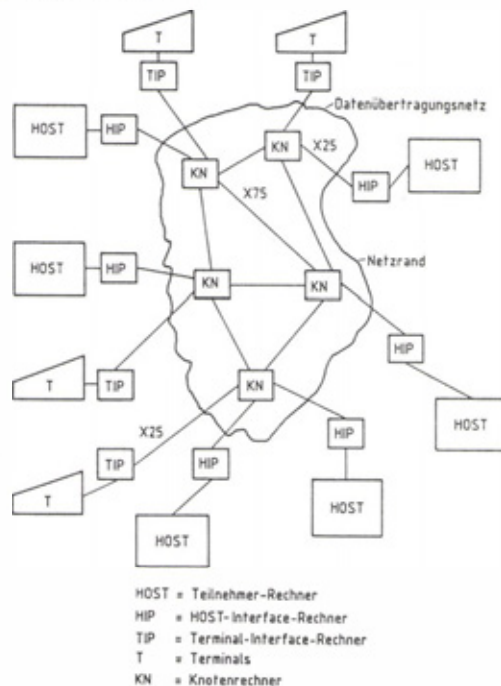


Fig. 10 Physikalische Struktur eines Rechner-Fernnetzes ("WAN")

- Verfahren zur Kommunikation im Nahbereich (wenige m bis 1...3 km), bei denen breitbandige Kommunikationsmittel, z.B. Koaxialkabel oder LWL eingesetzt werden können. Moderne Verfahrenskonzepte bedienen sich hierbei der Technik der "lokalen Rechnernetze" (LAN = Local Area Network), für die inzwischen genormte Schnittstellen-Protokolle existieren. Den Grundaufbau eines lokalen Rechnernetzes zeigt Fig. 11.

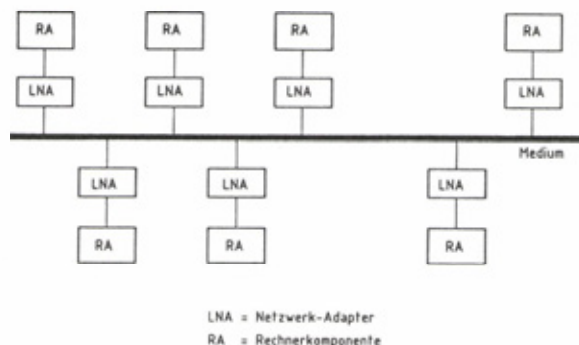


Fig. 11 Grundform eines lokalen Rechnernetzes ("LAN")

Den Schwerpunkt der technischen Problematik in lokalen Rechnernetzen bildet die Schaffung leistungsfähiger Zugangsverfahren (Zugangsprotokolle) für den Zugang der einzelnen Teilnehmer zum gemeinsamen Übertragungsmedium. Für militärische Anwendungen eignen sich hierbei besonders die völlig dezentral abwickelbaren Protokolle nach dem CSMA-Prinzip (Carrier Sense Multiple Access). Sie beruhen auf dem Prinzip, dass eine sendewillige Station das Medium auf Belegung durch andere Sendungen abhört und bei Freisein mit ihrer Sendung beginnt. Die Problematik liegt dabei in der Unvermeidbarkeit von "Kollisionen". Das bekannteste Beispiel eines derartigen Verfahrens ist das Ethernet-Protokoll, das im zivilen Bereich immer häufiger eingesetzt wird und einer Normung gleichkommt. Die Verfahrenstechnik lokaler Rechnernetze, insbesondere unter Anwendung von CSMA-Protokollen, kann sinn- gemäß auf militärische Datenfunknetze übertragen werden. CSMA-Protokolle wurden überhaupt erstmalig in einem funkorientierten Rechnernetz angewendet (ALOHA).

Modernen Konzepten von Rechner-Fernnetzen, lokalen Rechnernetzen und Funknetzen für Datenübertragung ist gemeinsam, dass sie sich im Interesse einer optimalen Ausnutzung der Übertragungsmedien des Verfahrens der Paketvermittlung bedienen. Dies bedeutet, dass Nachrichten in Pakete einheitlicher Grösse fragmentiert, über das Kommunikationsnetz paketweise übertragen und anschliessend wieder zusammengesetzt (reassembliert) werden. Fig. 12 erläutert dieses Verfahrensprinzip.

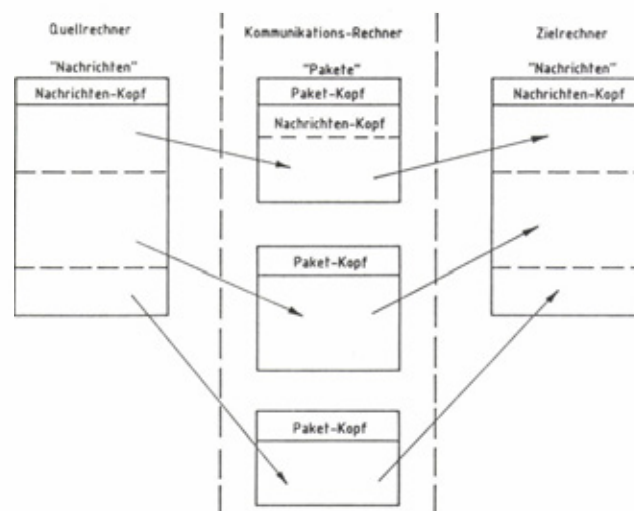


Fig. 12 Fragmentierung von Nachrichten in Pakete und Reassemblierung

Die im zivilen Anwendungsbereich erfolgreich eingesetzten Kommunikationsverfahren der beschriebenen Art können ohne Einschränkung künftig auch in (mobilen) militärischen C<sup>3</sup>I-Systemen eingesetzt werden. Die Konzepte in Planung oder in Entwicklung befindlicher C<sup>3</sup>I-Systeme lassen Tendenzen in dieser Richtung eindeutig erkennen.

### 5.2.3 LICHTWELLENLEITER-TECHNIK UND MILLIMETERWELLENFUNK

Der Einsatz der LWL-Kommunikation bietet im Nahbereich, insbesondere in Fahrzeugen, eindeutige Vorteile gegenüber herkömmlichen Systemen. Erwähnt sei hier neben Vorteilen wie Gewichtsersparnis, Stör-Immunität etc. vor allem die hohe Datenübertragungsleistung, mit der die Engpässe z.B. herkömmlicher Bussysteme beim Anschluss einer grossen Teilnehmerzahl überwunden werden können.

In der Firma AEG-Ulm wird zur Zeit eine experimentelle Studie über die Rechnerkopplung per LWL in militärischen Systemen durchgeführt. Der Schwerpunkt liegt hierbei bei der Betrachtung spezieller militärischer Forderungen, z.B. der Fortführung des Betriebes beim Ausfall einzelner Teilnehmer. Es zeigt sich, dass für den zivilen Einsatz geschaffene Systeme, die vorwiegend die der Physik der LWL-Technik entgegenkommende Ringtopologie verwenden, nicht unbesehen bzw. überhaupt nicht auf militärische Anwendungen übertragen werden können. Aus heutiger Sicht bietet sich für die Teilnehmerkommunikation innerhalb von Fahrzeugen die Technik passiver LWL-Sternkoppler an, die über sog. "Repeater" mit andern Fahrzeugen kommunizieren. Es ist denkbar, die Kopplung zu andern Fahrzeugen wahlweise auch per Millimeterwellenfunk durchzuführen. Als Protokollform bietet sich bei militärischen Anwendungen der CSMA-Typ an (z.B. Ethernet).

Berechnungen zeigen, dass neben der Datenvermittlung zwischen Rechnern über das gleiche Kommunikationssystem gleichzeitig auch eine paketorientierte Fernsprechkommunikation einrichtbar ist. Der Einsatz von Millimeterwellenfunkeinrichtungen im Lokalbereich, z.B. in Gefechtsstandnetzen wird in der BRD planerisch erwogen und zur Zeit systemtechnisch untersucht.

1-15

## 5.2.4 COMPUTERGESTÜTZTE SPRACHEINGABE UND -AUSGABE

Die maschinelle Analyse gesprochener menschlicher Sprache erfordert sowohl komplexe Verarbeitungs-  
algorithmen als auch einen hohen Aufwand an datentechnischer Verarbeitungsleistung. Ähnliches  
gilt grundsätzlich auch für die Erzeugung menschlicher Sprache durch Computer, d.h. für die syn-  
thetische Sprachausgabe. Bei der Erarbeitung effektiver Algorithmen für Spracherkennung durch  
Computer ist man in den letzten zehn Jahren sehr vorangekommen, so dass man in Verbindung mit der  
inzwischen erreichten hohen Datenverarbeitungsleistung auf kleinstem Raum an den praktischen Ein-  
satz derartiger Systeme unter bestimmten Bedingungen denken kann. Die synthetische Sprachausgabe  
ist, wie Vorführungen synthetisch gesprochener Vorträge auf technisch-wissenschaftlichen Fach-  
tagungen zeigen, verfahrenstechnisch inzwischen soweit gelöst, dass deren praktischem Einsatz  
keine prinzipiellen Probleme mehr entgegenstehen.

Für den Einsatz in C<sup>3</sup>I-Systemen ist weniger die synthetische Sprachausgabe als vielmehr die Sprach-  
eingabe, d.h. die maschinelle Erkennung gesprochener Kommandos interessant. Dies gilt vor allem  
für Einsatzfälle, bei denen die Hände des Operators für anderweitige Steuer- und Regelvorgänge  
belegt sind, z.B. in Waffensystemen, Fahrzeugen und Flugzeugen.

Die bisher bekannt gewordenen Spracherkennungssysteme erscheinen zwar auf den ersten Blick äusserst  
leistungsfähig, sind aber durch folgende Einschränkungen gekennzeichnet:

- Beschränkter Umfang des erkennbaren Wortumfangs (ca. 50...150 erkennbare Worte).
- Unfähigkeit, "verbunden" gesprochene Worte voneinander zu unterscheiden, d.h. jedes Wort muss  
mit deutlicher Pause zum nachfolgenden Wort ausgesprochen werden.
- Keine Sprecherunabhängigkeit, d.h. das System muss sich mindestens durch vorab gesprochene und  
ausgewertete Sprachproben auf den jeweiligen Sprecher einstellen.

Die erste Einschränkung steht einer Anwendung im militärischen Bereich wenig entgegen, da der  
Dialog in C<sup>3</sup>I-Systemen ohnehin stark formalisiert ist und auf einen sinnvoll limitierten Kommando-  
vorrat eingengt werden kann. Die zweite Einschränkung ist für militärische Einsatzzwecke äusserst  
hinderlich, da erwartet werden muss, dass die Sprecher in der Erregung während des Kampfgeschehens  
die bisher erforderliche disziplinierte Sprechweise aufgeben und zu einer "verbundenen" Sprech-  
weise überwechseln.

Die dritte Einschränkung ist für militärische Einsatzzwecke ebenfalls sehr hinderlich, eine weit-  
gehend sprecherunabhängige Spracherkennung bzw. die Beschränkung auf wenige gesprochene Worte zur  
Einjastierung des Systems auf den jeweiligen Sprecher sollte unbedingt gewährleistet sein.

In den letzten zehn Jahren am Forschungsinstitut der Firma AEG in Ulm geleistete Forschungs- und  
Entwicklungsarbeiten haben zu Algorithmen geführt, die eine Erkennung verbunden gesprochener Worte  
unter Realzeitbedingungen bei hinreichender Sprecherunabhängigkeit sowie genügendem Wortvorrat  
in Aussicht stellen. Ein von der Firma ANT-Backnang (früher AEG) entwickelter schneller mikropro-  
grammierter Sprachprozessor bildet dabei die Hardware-Basis für eine praktische Erprobung. Diese  
Ergebnisse veranlassten das BMVg zur Vergabe einer experimentellen Studie über den Einsatz der  
computergetützten Spracherkennung in C<sup>3</sup>I-Systemen an die Firma AEG-Ulm. Beim Experiment liegt  
die Erprobung der Bewegung und Zieleinweisung der Antenne eines Millimeterwellen-Radars durch  
Sprachkommandos zugrunde. Fig. 13 zeigt die Struktur des inzwischen aufgebauten und in Kürze  
in Erprobung gehenden Experimentalsystems.

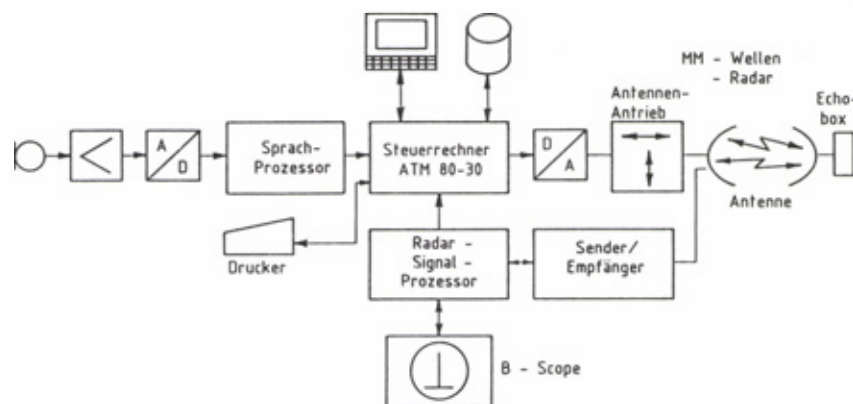


Fig. 13 Experimentalsystem zur Erprobung der Sprachkommando-Eingabe in C<sup>3</sup>I-Systeme

## 1-16

Das Experimentalsystem dient zwei grundsätzlichen Aufgabenbereichen:

- Nachweis der automatischen Erkennbarkeit von Sprachkommandos durch den eingesetzten Sprachprozessor (Fig. 13) unter Erfüllung der Nebenbedingungen, dass verbunden gesprochene Kommandos erkennbar sind und dabei eine Sprecherunabhängigkeit gewährleistet ist.
- Durchführung ergonomischer Experimente hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen eines Einsatzes der Sprachkommandierung im Regelkreis Mensch-Antenne-Radarziel. Hierbei kann die Zieleinweisung durch den sprachgesteuerten Aufruf bestimmter, im Prozessrechner gespeicherter Suchalgorithmen zur Bewegung der Antenne unterstützt werden (z.B. Suche durch Antennenbewegung in bestimmten Azimut/Elevationssegmenten, Suche durch Spiralbewegung etc.).

Es ist zu erwarten, dass die vorgesehenen Experimente wertvolle Erkenntnisse für den Einsatz der Sprachkommando-Steuerung insbesondere in Aufklärungs- und Waffensystemen liefern werden. Langfristig dürfte die Sprachkommando-Eingabe in C<sup>3</sup>I-Systemen eine wertvolle Bereicherung darstellen.

#### 5.2.5 ERWEITERTER EINSATZ GRAPHISCHER DARSTELLUNGEN

Vor allem in den USA wurden auf dem Gebiet computergesteuerter Graphikdarstellungen in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Die weite Verbreitung leistungsfähiger Personalcomputer hat darüberhinaus die Computergraphik inzwischen populär gemacht. Man sollte daher erwarten, dass bei der Planung künftiger C<sup>3</sup>I-Systeme von diesen Fortschritten Gebrauch gemacht und unter Anwendung von standardmässigen Graphik-Softwarepaketen der Einsatz instruktiver Graphikdarstellungen einbezogen wird. Bisher sind hierzu jedoch nur vereinzelt Ansätze zu erkennen. Eine Rolle mag dabei spielen, dass bei der Gestaltung graphischer Darstellungen ergonomische Gesichtspunkte wesentlich mitbestimmend sind.

#### 5.2.6 ANLEHNUNG AN PERSONAL-COMPUTER-ENTWICKLUNGEN

Personal-Computer, kurz PC's genannt, sowie die mit ihnen verbundenen Software-Produkte haben sich einen Anwendungsbereich merklicher Grösse und damit bemerkenswerte Marktanteile erobert. Wegen ihrer breiten Anwendung und Popularität werden sie mehr und mehr zum Leistungsmaßstab für typische DV-Komponenten und -Leistungen, d.h. sie prägen die Kundenerwartungen für

- Preis/Leistungsverhältnisse von Computer-Hardware und Standard-Peripherie
- Leistung und Preis von Verfahren und Komponenten zur lokalen Computer-Vernetzung
- Leistung von disk- und plattenorientierten Betriebssystemen
- Verfügbarkeit von standardisierten Betriebssystemen
- Standardisierte DV-Architekturen und Systemkonzepte unter Verwendung von zum Quasi-Standard erhobenen hochintegrierten Prozessor- und Peripheriebausteinen
- Basis-Anwendersoftware zum Aufbau von Programmen für spezielle Anwendungen ohne grossen Programmieraufwand und ohne umfangreiche Programmierkenntnisse
- Basis-Software für vielseitige Graphikanwendungen
- Kombinierte Software für Textverarbeitung, Datenbank-, Tabellenkalkulations- und Graphikanwendungen
- Vielseitiges Angebot an Programmiersprachen und zugehörigen Compilern
- Umfangreiches Beschreibungs- und Schulungsmaterial.

Die vorstehende Aufzählung nennt nur die wichtigsten Schwerpunkte und lässt sich sicherlich noch erweitern.

Es drängt sich die Frage auf, ob von diesem umfangreichen PC-orientierten DV-Leistungspotential, das ständig noch im Wachstum begriffen ist, in irgendeiner Weise für den Entwurf und die Realisierung von C<sup>3</sup>I-Systemen Gebrauch gemacht werden kann, insbesondere um

- die Kosten für Systementwicklungen durch Anlehnung an Standardsysteme und Uebernahme von Standardbausteinen zu senken
- die Erstellungskosten für Anwender- und Systemsoftware durch Uebernahme von Basis-Anwendersoftwarepaketen zu vermindern
- die Systemleistung durch Anwendung von Softwarepaketen, z.B. für Graphik, zu steigern, deren Entwicklung wegen der damit verbundenen Kosten sich nicht für Einzelsysteme, sondern nur bei einer Nutzung durch viele Anwender lohnt.

Es ist einleuchtend, dass Hardware-Bausteine aus PC-Entwicklungen für mobile militärische C<sup>3</sup>I-Systeme schon wegen der viel härteren Umgebungsanforderungen nicht direkt übernommen werden können. Aber man könnte neue Systemvorstellungen unter Anwendung marktgängiger PC-Komponenten zumindest in Teilen schneller und bei wesentlicher Kostensenkung erproben und danach PC-Hardware und Software-Entwicklungen als Basis für die Konzipierung militarisierter und massgeschneiderter DV-Komponenten für militärische C<sup>3</sup>I-Systeme einsetzen. Einen ersten Ansatz in dieser Richtung zeigt die Beschaffung von Komponenten für die rückwärtigen Gefechtsstände bei HEROS 2/1 (Versuchssystem). Wegen der kurzen Zeitspanne, seit der die leistungsfähigen PC-Systeme erst verfügbar sind, sind Ansätze in dieser Richtung noch im Anfangsstadium. Die grundsätzliche Ähnlichkeit der Systeme und Konzepte von Bausteinen der PC-Welt und der von DV-Komponenten für C<sup>3</sup>I-Systeme sowie der Trend zu verteilten Systemen wird diese Situation jedoch in absehbarer Zeit verändern.

#### 5.2.7 EINSATZ NEUER PROGRAMMIERSPRACHEN UND RECHNERGESTÜTZTER SOFTWARE-DESIGN-SYSTEME

In der Welt der Realzeitanwendungen, insbesondere in C<sup>3</sup>I-Systemanwendungen begann vor etwa fünf Jahren die Abkehr von der Programmierung in Assemblersprachen zugunsten der in anderen DV-Bereichen längst üblichen Anwendung von Programmierhochsprachen. Hiermit verbanden sich übertriebene Hoffnungen bezüglich Kostensenkungen bei der Anwenderprogramm-Entwicklung, die sich nicht erfüllt haben. Seit einigen Jahren hat darüberhinaus zögernd der Einsatz von rechnergestützten Hilfsmitteln für den Software-Entwurf begonnen und wird von einigen Kunden, z.B. BMVg, bereits vorgeschrieben. Erfahrungen mit dem Einsatz von Hochsprachen und Software-Design-Hilfsmitteln zeigen, dass zwar die Entwicklungskosten für Software nicht wesentlich vermindert werden, die Sicherheit gegen Softwarefehler sowie für das Erreichen der gestellten Anforderungen ohne kostspielige Nachentwicklungen jedoch wesentlich ansteigt. Darüberhinaus wird die Softwaredokumentation durchsichtiger und einheitlicher. Diese Vorzüge kommen vor allem in der Nutzungsphase der Systeme zum Zuge, so dass die Kostenanteile der Software bei Betrachtung der Gesamtlebenszeit eines Systemes mit der Anwendung von Hochsprachen und Design-Hilfsmitteln doch deutlich gesenkt werden. Ihr Einsatz ist daher folgerichtig und sollte forciert werden.

#### 6. SCHLUSSWORT - WEITERES VORGEHEN

Die vorausgegangenen Ausführungen zeigen, dass der sinnvolle Einsatz mobiler rechnergestützter C<sup>3</sup>I-Systeme im Wehrbereich vom Grundsatz her nicht mehr diskutiert werden muss. Diskussionsfähig ist allenfalls der Anwendungsbereich, der erforderliche Tiefgang der Anwendung, der Grad der notwendigen Interoperabilität zu anderen Systemen sowie die Erstellungs-, Beschaffungs- und Erhaltungskosten derartiger Systeme. Die Weiterentwicklung der DV-Technik wirkt sich bei zukünftigen C<sup>3</sup>I-Systemen in der konsequenten Anwendung der Prinzipien der "Embedded Computers" sowie der "Verteilten Intelligenz" aus. Die bisher vernachlässigten Anteile der Kommunikation erfahren eine wesentliche Leistungssteigerung durch den Einsatz moderner rechnergesteuerter Verfahren. Neue Aspekte werden insbesondere durch den längerfristig möglichen Einsatz von Verfahren und Geräten zur Sprachkommando-Eingabe erkennbar. Bei sinnvoller Planung und Anlehnung an Hardware- bzw. Software-Entwicklungen aus der PC-Welt sind sogar Kostensenkungen bei der Entwicklung von DV-Komponenten für (mobile) C<sup>3</sup>I-Systeme denkbar und möglich.

Die Weiterentwicklung von C<sup>3</sup>I-Systemen kann sinnvoll und ökonomisch nur in enger Zusammenarbeit zwischen derzeitigen und zukünftigen Anwendern einerseits und Systemspezialisten sowie Technikern der Industrie andererseits durchgeführt werden. Die Anwender vertreten dabei die detaillierte Erarbeitung von Aufgabenstellungen und taktischen Anforderungen, während es Aufgabe der Industrie ist, Systemvorschläge zu erarbeiten und Kosten zu spezifizieren. Insgesamt gesehen, können leistungsfähige C<sup>3</sup>I-Systeme bei erträglichen und vertretbaren Kosten entwickelt, beschafft und über lange Zeiträume genutzt werden.

#### 7. LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ Hofmann, Huber, Molzberger, Führungs- und Informationssysteme, Oldenbourg-Verlag München, 1982.
- /2/ Grambach, Lichtwellenleiter-Grundlagen und Anwendungen, Soldat und Technik 27, Heft 6/Heft 7, 1984.
- /3/ Görgen et al., Kommunikations-Technologie, ISO-Architektur offener Kommunikationssysteme, Springer-Verlag, 1985.