

KfK 5259
Januar 1994

Inhalte und Funktionen der Pilotversion I von RODOS/RESY

G. Benz, J. Ehrhardt, D. Faude, F. Fischer,
J. Päsler-Sauer, M. Rafat, T. Schichtel,
O. Schüle, C. Steinhauer

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Nukleare Sicherheitsforschung

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
Projekt Nukleare Sicherheitsforschung

KfK 5259

Inhalte und Funktionen der
Pilotversion I von RODOS/RESY

G. Benz, J. Ehrhardt, D. Faude, F. Fischer, J. Päsler-Sauer,
M. Rafat, T. Schichtel, O. Schüle, C. Steinhauer

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

ISSN 0303-4003

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen St. Sch. 1054/1 und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Vertrag FI3P-CT92-0036) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch bei den Autoren.

Zusammenfassung

RODOS/RESY ist ein integriertes Echtzeit On-Line Entscheidungshilfesystem für den externen Katastrophenschutz nach kerntechnischen Unfällen. Es ist Teil des umfassenden RODOS-Systems (real-time on-line decision support), das für den Einsatz im europäischen Raum nach unfallbedingten Freisetzungen von radioaktivem Material in die Atmosphäre und Hydrosphäre konzipiert ist.

RODOS/RESY (rechnergestütztes Entscheidungshilfe-System) ist auf den Einsatz im Nahbereich kerntechnischer Anlagen und die Frühphase eines kerntechnischen Unfalls mit luftgetragenen Radionuklidfreisetzungen beschränkt. Es ist darum direkt zur Unterstützung bei der Entscheidung über Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich der lokalen Katastrophenschutzbehörden einsetzbar.

Derzeit ist RODOS ein F + E-Vorhaben, das die Weiterentwicklung der im Herbst 1992 fertiggestellten ersten Prototypversion bis zur Einsatzreife zur Zielsetzung hat. Eine erste Stufe hierzu ist die Pilotversion 1 von RODOS/RESY, die voraussichtlich Ende 1994 zur Ankopplung an Meßnetze von Kernreaktorfernüberwachungssystemen und zum Testbetrieb zur Verfügung stehen wird. Der vorliegende Bericht beschreibt die Struktur, die Inhalte und die Funktionen dieser Pilotversion.

Content and functions of the pilot version 1 of RODOS/RESY

RODOS/RESY is an integrated real-time on-line decision support system for external emergency management after nuclear accidents. It is part of the comprehensive RODOS-system (real-time on-line decision support), which is designed for use in Europe after accidental releases of radioactive material to the atmosphere and hydrosphere.

RODOS/RESY is limited in its applicability to the near range of nuclear facilities and the early phase of an accident with airborne radioactive releases. Therefore, it serves directly as a decision-aiding tool for countermeasure actions in the responsibility of local emergency management authorities.

At present, RODOS is an R&D project which aims at the further development for operational use of the first prototype version completed in autumn 1992. A first step towards this goal will be the pilot version 1 of RODOS/RESY, which will be ready by the end of 1994 for coupling to monitoring networks of nuclear reactor remote control surveillance systems and pre-operational use. The report describes the structure, content and functions of this pilot version.

	Seite	
3.2.6	Berechnung von Dosen mit Schutz- und Gegenmaßnahmen	32
3.2.7	Berechnung gesundheitlicher Risiken und Schäden (HEALTH)	34
3.2.8	Berechnung von Kosten (ECONOM)	35
3.2.9	Die Maßnahmen-Konsequenzen Matrix (ACM)	37
3.3	Teilsystem ESY	38
4.	Die Systemfunktionen von RODOS/RESY-PV1	
4.1	Meßdatenerfassung und -verarbeitung	41
4.2	Interaktiver und automatischer Betrieb	42
5.	Das Betriebsabwicklungssystem OSY von RODOS/RESY-PV1	
5.1	Software-Struktur	45
5.1.1	Kommunikations- Management	47
5.1.2	Integration eines externen Programms	49
5.2	Grafiksystem	50
5.2.1	Grafikfunktionen	51
5.2.2	Schnittstelle zu den externen Programmen	51
5.3	Datenorganisation	
5.3.1	Datenbankkonzept	52
5.3.2	Dateneinteilung	53
5.3.3	Datenmodell für globale Daten	55
5.4	Geographisches Informationssystem	
5.4.1	Überblick	55
5.4.2	Geographische Daten	56
6.	Die Betriebsumgebung von RODOS/RESY-PV1	
6.1	Software	57
6.2	Hardware	57
7.	Über RODOS/RESY-PV1 hinausgehende Arbeiten	
7.1	Inhaltliche Ergänzungen zu den Teilsystemen	58
7.2	Zukünftiger Einsatz für Training und Ausbildung	58

Tabelle

Abbildungen

Verzeichnis von nicht RODOS/RESY-internen sowie nicht
datenverarbeitungsspezifischen Abkürzungen

BfS	Bundesamt für Strahlenschutz (Salzgitter, D)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Bonn, D)
BRENK	Brenk Systemplanung (Aachen, D)
CEA	Commissariat a l'Energie Atomique (Fontenay-aux-Roses, F)
CEC	Commission of the European Communities
DFAD	Digital Feature Analysis Data (Datenbasis der Defense Mapping Agency des amerikanischen Verteidigungsministeriums, USA)
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (Kaiserslautern, D)
DWD	Deutscher Wetterdienst (Offenbach, D)
EDF	Electricité de France (F)
EG	Europäische Gemeinschaften
ENEA	Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell' Energia Nucleare e delle Energie Alternative (Rom, I)
ERPET	European Radiation Protection Education and Training
FTU	(KfK-) Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit (Köln, D)
GSF	GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (Neuherberg, D)
GUS	Gemeinschaft unabhängiger Staaten (frühere Sowjetunion)
IMIS	Integriertes Meß- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität
IMMS CC	Cybernetics Center of the Ukrainian Academy of Sciences, Institute of Mathematical Machines and Systems (Kiew, Ukraine)
INR	(KfK-) Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
JAERI	Japan Atomic Energy Research Institut (Tokai-mura, Japan)
KEG	Kommission der Europäischen Gemeinschaften
KEMA	KEMA Laboratories (Arnhem, NL)
KERMA	Kinetic energy released per unit mass (Dosisgröße für indirekt ionisierende Strahlung)
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe (Karlsruhe, D)
KFÜ	Kernkraftwerkfernüberwachungssystem
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz (Baden Württemberg, D)
LLNL	Lawrence Livermore National Laboratory (Kalifornien, USA)
NRPB	National Radiological Protection Board (Chilton, GB)
ODL	γ-Ortsdosisleistung
SCK/CEN	Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'energie Nucleaire (Mol, B)
SPA TYPHOON	Scientific Production Association TYPHOON (Obninsk, Rußland)
SSK	Strahlenschutzkommission
STUDSVIK	Studsvik AB (Nykoeping, S)
STUK	Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (Helsinki, SF)
STVG	Strahlenschutz-Vorsorgegesetz
TNO	Netherlands Organization for Applied Scientific Research (Appeldorn, NL)

1. Allgemeine Informationen

RODOS/RESY ist ein integriertes Echtzeit On-Line Entscheidungshilfesystem für den externen Katastrophenschutz nach kerntechnischen Unfällen /1/. Es ist Teil des umfassenden RODOS-Systems (reat-time on-line decision support), das für den Einsatz im europäischen Raum nach unfallbedingten Freisetzungen von radioaktivem Material in die Atmosphäre und Hydrosphäre konzipiert ist; nach seiner Fertigstellung wird es in der Lage sein, für den Nah-, Mittel- und Fernbereich grenzüberschreitende konsistente Vorhersagen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung in allen Zeitphasen nach dem Unfall zu liefern /2, 3, 14/.

RODOS/RESY (rechnergestütztes Entscheidungshilfe-System) ist auf den Einsatz im Nahbereich kerntechnischer Anlagen und die Frühphase eines kerntechnischen Unfalls mit luftgetragenen Radionuklidfreisetzungen beschränkt. Es ist darum direkt zur Unterstützung bei der Entscheidung über Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich der lokalen Katastrophenschutzbehörden einsetzbar. Durch Ergänzung mit Rechenmodellen und Daten aus dem RODOS-System kann es jedoch sowohl räumlich als auch zeitlich kontinuierlich erweitert und somit auf Fragestellungen im Rahmen des Strahlenschutz-Vorsorgegesetzes (StVG) angewandt werden.

RODOS/RESY umfaßt weder den Betrieb lokaler Meßnetze noch die Übermittlung von radiologischen und meteorologischen Meßdaten. Voraussetzung für seinen operationellen Einsatz ist die Bereitstellung dieser Daten entweder on-line direkt aus Meßnetzen, wie zum Beispiel dem Kernreaktorfernüberwachungssystem (KFÜ), bzw. indirekt über einen geeigneten Auswerterechner (KFÜ-Rechner), oder durch manuelle Eingabe nach Übermittlung durch andere Kommunikationsmittel.

Derzeit ist RODOS ein F + E-Vorhaben, das die Weiterentwicklung der im Herbst 1992 fertiggestellten Prototypversion 1 bis zur Einsatzreife zur Zielsetzung hat. Eine erste Stufe hierzu ist die Pilotversion 1 (PV1) von RODOS/RESY, die voraussichtlich Ende 1994 zur Ankopplung an die KFÜ-Meßnetze und zum Testbetrieb zur Verfügung stehen wird. Der vorliegende Bericht beschreibt die Struktur, die Inhalte und die Funktionen dieser Pilotversion.

1.1 Projektbeschreibung

Die Arbeiten am Entscheidungshilfesystem RODOS/RESY werden im Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und

Reaktorsicherheit durchgeführt (BMU-Vertrag St.Sch 1054/1). Basierend auf den Erfahrungen während der Hardware- und Software-Design-Phase sowie der Systementwicklung von RODOS/RESY wurde von KfK/INR im Jahr 1990 eine Design-Studie erstellt /K1/, in der das grundlegende Konzept und die Inhalte des gesamten RODOS-Systems dargestellt sind. Seit 1990 fördert die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KEG) im Rahmen ihres Strahlenschutzprogramms die Entwicklung von RODOS (EG-Vertrag FI3P-CT92-0036). Gegenwärtig sind 18 europäische Institutionen an der Entwicklung von RODOS beteiligt, wobei KfK/INR die Koordinierung bei der Systementwicklung zukommt. Weiterhin besteht eine wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Instituten in der GUS, die auf einer Vereinbarung zwischen der KEG und Weißrußland, Rußland und der Ukraine basiert (EG-Vertrag COSU-CT92-0020), und die ebenfalls von KfK/INR koordiniert wird. Inzwischen ist Polen dem RODOS-Projekt assoziiert, entsprechende Vereinbarungen mit weiteren osteuropäischen Staaten sind in Vorbereitung.

1.2 Beteiligte Mitarbeiter

Joachim Ehrhardt	Projektleitung
Annemarie Weis	Sekretariat
Mamad Rafat*	Hardware, Software und Betriebsabwicklungssystem
Gerhard Benz*	Datenbank und Integration externer Programme
Friedmar Fischer	Datensammlung, Datenstrukturen und Inhalte des Geographischen Informationssystems
Oliver Schüle	Geographisches Informationssystem, Grafik und Integration externer Programme
Jürgen Päsler-Sauer	Atmosphärische Ausbreitung, Katastrophenschutzmaßnahmen
Thomas Schichtel	Evakuierungsmodell
Dieter Faude	Kostenabschätzung
Wolfgang Raskob*	Hydrologische Modelle
Claudia Steinhauer	Training und Ausbildung

* Fa. D.T.I. Dr. Trippel Ingenieurgesellschaft m.b.H., Karlsruhe

1.3 Referenzen

Veröffentlichungen

- /1/ J. Päsler-Sauer
RESY- a German real-time subsystem
Proceedings of the 2nd International Workshop on Real-time Computing of the Environmental Consequences of an Accidental Release to the Atmosphere from a Nuclear Installation, Luxembourg, 16 to 19 May 1989, Bericht EUR-12320 (1990), p. 227 - 286
- /2/ J. Ehrhardt, J. Päsler-Sauer, M. Rafat
Development of a comprehensive real-time decision support system for nuclear emergencies in Europe
Proceedings of the International Seminar on Intervention Levels and Countermeasures for Nuclear Accidents, Cadarache, 7 - 11 October 1991, Bericht EUR, p. 661 - 673
- /3/ J. Ehrhardt, J. Päsler-Sauer, O. Schüle, G. Benz, M. Rafat, J. Richter
Development of RODOS, a comprehensive decision support system for nuclear emergencies in Europe - an overview -
3rd International Workshop on Real-time Computing of the Environmental Consequences of an Accidental Release to Atmosphere from a Nuclear Installation, Schloß Elmau, Bayern, 25 to 30 October 1992, to be published in Radiation Protection Dosimetry (1993)
- /4/ T. Mikkelsen, F. Desiato
Atmospheric dispersion models and pre-processing of meteorological data for real-time application
siehe Ref. /3/
- /5/ J. Päsler-Sauer
Assessment and evaluation of early countermeasures and consequences in RODOS/RESY
siehe Ref. /3/
- /6/ W. Friedland, H. Müller, G. Pröhl, J. Brown, S. M. Haywood, N. P. McColl
Modules for foodchain transport, dose assessment and long term countermeasures in RODOS, the European decision support system
siehe Ref. /3/

- /7/ M. J. Zheleznyak, P. V. Tkalich, R. I. Demtchenko, S. L. Khursin, Y. I. Kuzmenko, G. V. Lyashenko, A. A. Marinetz
Radionuclides aquatic dispersion models - first approaches to integration into RODOS the EC decision support system, on a basis of Post-Chernobyl experience
siehe Ref. /3/
- /8/ S. French, J. Smith
Using monitoring data to update atmospheric dispersion models with an application to the RIMPUFF model
siehe Ref. /3/
- /9/ A. Sohier, M. van Camp, D. Ruan, P. Govaerts
Methods for radiological assessment in the near-field during the early phase of an accidental release of radio-active material, using an incomplete information data base
siehe Ref. /3/
- /10/ V. A. Borzilov, M. A. Novitsky, A. V. Konoplev, O. I. Voszhennikov, A. C. Gerasimenko
A model for prediction and assessment of surface water contamination in emergency situations and methodology of determining its parameters
siehe Ref. /3/
- /11/ H. Müller, W. Friedland, G. Pröhl
Uncertainty in the ingestion dose calculation
siehe Ref. /3/
- /12/ S. Thykier-Nielsen, J. Moreno, T. Mikkelsen
Dispersion scenarios over complex terrain
siehe Ref. /3/
- /13/ Commission of the European Communities
Radiological aspects of nuclear accident scenarios
Volume 2 - the RADE-AID system
Report EUR 12552, (1991)
- /14/ J. Ehrhardt, F. Fischer, J. Päsler-Sauer, O. Schüle, G. Benz, M. Rafat
RODOS and RESY: Two integrated real-time on-line decision support systems for nuclear emergencies
Proceedings of the Joint International Conference on Mathematical

Methods and Supercomputing in Nuclear Applications (M&C + SNA 93),
Karlsruhe 19. - 23. April 1993, 792

- /15/ Commission of the European Communities
COSYMA - a new programme package for accident consequence
assessment
Report EUR 13028, 1991
- /16/ Defense Mapping Agency
Basisdaten DHM/M745
Digital feature analysis data, April 1986, veröffentlicht mit Genehmigung
des Deutschen Militärgeographischen Dienstes, Nr. BM0100 und BK002-28
- /17/ Institut für angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main
Datei geographischer Namen, 1990
- /18/ T. Mikkelsen, S.E. Larsen, S. Thykier-Nielsen
Description of the RISØ puff model
Nucl. Techn. 76, 56 - 65 (1984)

Berichte der RODOS-Dokumentation (unveröffentlichte Berichte der Vertrags-
partner, Sammlung bei KfK/INR)

- /R1/ O.Schüle, V. Kosykh, V. Shershakov
RoGIS, a geographical information system for RODOS Prototype 2
RODOS(D)-TN(93)02, 7.9.93
- /R2/ H. Müller, W. Friedland
Endpoints of the calculations in the foodchain transport module and the
dose module
RODOS(B)-TN(93)06, 19.8.93
- /R3/ K.R. Smith, J. Brown, J. Smith, Ph. Mansfield
Functional specification of the late countermeasures module FRODO
(version 1)
RODOS(B)-TN(93)07, September 1993

Berichte (unveröffentlicht)

- /K1/ J. Ehrhardt, K. Burkart, J. Päsler-Sauer, M. Rafat.
Unveröffentlichter Bericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1990
- /K2/ M. Rafat, G. Benz, J. Ehrhardt, O. Schüle.
Unveröffentlichter Bericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1992
- /K3/ G. Benz, M. Rafat, J. Richter.
Unveröffentlichter Bericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1992

2. Überblick über das RODOS-Projekt

2.1 Hintergrund

Die Entwicklung von Echtzeit-On-line-Entscheidungshilfesystemen ist weltweit Bestandteil von F + E-Programmen einer Reihe von Institutionen. Dabei gibt es keinen allgemein akzeptierten Konsens über die Struktur, die Hardware- und Software-Konfiguration, den Zugriff zu Meßdaten und Datenbanken, den abzuschätzenden Umfang von Unfallfolgen, die Auswertung und die graphische Präsentation der Ergebnisse. Viele der existierenden oder in der Entwicklung befindlichen Systeme sind auf die räumliche Dichte von Meßnetzen zugeschnitten und berücksichtigen die Zuständigkeitsstrukturen des jeweiligen Katastrophenschutzmanagements; zwei typische Arten von Systemen können derzeit unterschieden werden:

- Systeme, die den Entfernungsbereich bis zu einigen (zehn) Kilometern abdecken, in dem (schnelle) Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich sein können. Diese Systeme haben i.a. Zugriff zu anlagenspezifischen Emissions- und Immissionsdaten eines lokalen Überwachungsnetzes. Wegen der Notwendigkeit schneller Antwortzeiten vor allem in der Phase vor und während der Freisetzung können diese Systeme als Echtzeitsysteme im engeren Sinn bezeichnet werden; typische Zykluszeiten der Systeme liegen bei 10 Minuten (z.B. KFÜ-Systeme der Bundesländer).
- Systeme, die ein ganzes Land bis an seine Grenzen abdecken; in ihnen werden automatisch die gesamten Daten eines flächendeckenden Netzes von γ -Dosisratenmeßgeräten in einem mittleren Abstand von einigen bis zu wenigen 10 Kilometern ausgewertet und beurteilt (z.B. das IMIS-System der Bundesrepublik Deutschland). Zusätzlich gehen in solche Systeme im Fall einer radioaktiven Kontamination weitere Daten über nuklidspezifische Oberflächen- und Nahrungsmittelkontaminationen ein, die von speziellen Meßeinrichtungen oder mobilen Einsatztrupps stammen. Die Systeme sind mehr auf die interaktive Kommunikation mit dem Benutzer konzipiert, der vor allem an der Bewertung der Überwachungsdaten und der Beurteilung geeigneter Schutz- und Gegenmaßnahmen interessiert ist. Die Antwortzeiten der Systeme sind auch dann akzeptabel, wenn sie bis zu mehrere Stunden betragen, da sie noch immer klein sind im Vergleich zur Dynamik der radioökologischen Vorgänge und Maßnahmenabläufe.

Die Mehrheit der Systeme besteht im wesentlichen aus Modellen zur Beschreibung der atmosphärischen Ausbreitung und Ablagerung, die mit Datensätzen von Dosis- und Dosisraten-Konversionsfaktoren zur Berechnung der externen Bestrahlung aus der Aktivitätsfahne und von der Bodenoberfläche sowie der internen Bestrahlung nach Inhalation verknüpft sind (s. Tab. 1). Nur wenige greifen zu auf meteorologische Felder oder Wettervorhersagen. In keinem der im Einsatz befindlichen Systeme ist das Ausbreitungsmodell direkt an ein dynamisches Nahrungskettenmodell angekoppelt, um die zeitabhängigen Aktivitätskonzentrationen in Nahrungsmitteln und evtl. notwendige Schutz- und Gegenmaßnahmen zum Vergleich mit dem Ist-Zustand oder im voraus zu berechnen. Darüberhinaus gibt es derzeit kein Entscheidungshilfesystem, das die Kontamination der Hydrosphäre, die daraus resultierenden Expositionspfade und geeignete Schutz- und Gegenmaßnahmen behandelt.

2.2 Zielsetzungen

Die vom BMU und der KEG geförderten Arbeiten bei KfK/INR haben zum Ziel, das Entscheidungshilfesystem RODOS bis zur Einsatzreife zu entwickeln, das es erlaubt, in Echtzeit und on-line in allen Entfernungsbereichen und während aller Unfallphasen konsistente Abschätzungen, Analysen und Prognosen zu Unfallfolgen und Schutz- und Gegenmaßnahmen durchzuführen. Insbesondere sollen alle relevanten Umgebungsdaten einschließlich radiologischer und meteorologischer Meßwerte und Informationen verarbeitet und mit Hilfe von Rechenmodellen und mathematischen Verfahren in verständliche und interpretierbare Bilder der aktuellen und zukünftigen radiologischen Situation überführt werden. Simulationsmodelle für alle Arten von Schutz- und Gegenmaßnahmen wie z.B. Aufsuchen von Häusern, Einnahme von Jodtabletten, Evakuierung, Umsiedlung, Dekontamination und Nahrungsmittelverteilungsverbote, sollen nicht nur die Abschätzung ihrer zeitlichen und räumlichen Ausdehnung erlauben, sondern zusammen mit Dosis- und Schadensmodellen auch die Quantifizierung ihrer Vor- und Nachteile in Form von (vermiedenen) Strahlendosen oder (vermiedenen) Gesundheitsschäden sowie den gesellschaftlichen und ökonomischen Kosten ermöglichen. Hierdurch soll es möglich werden, alternative Maßnahmenkombinationen hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit und Effektivität zu ordnen und somit die Auswahl geeigneter Szenarien zu erleichtern. In diesem Zusammenhang ist das Wissen um die Unsicherheiten in den Systemprognosen von besonderer Bedeutung, um die Relevanz einer Entscheidung und damit ihre Rechtfertigung nachzuweisen.

Der Nachweis der sinnvollen Anwendbarkeit von RODOS als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung in realen Situationen kann nur durch seinen Einsatz bei Katastrophenschutzübungen erbracht werden. Hierzu ist das System frühzeitig an existierende meteorologische und radiologische Datennetze anzukoppeln (KFÜ-Systeme, meteorologische Prognosedaten) und on-line in Echtzeit zu betreiben.

Der Einsatz von RODOS für Training und Ausbildung auf den Gebieten Strahlen- und Katastrophenschutz war von Projektbeginn an wesentliches Ziel des Vorhabens. Hierzu sind Kursprogramme für unterschiedliche Interessentengruppen zu strukturieren, Fallstudien von Unfallfolgenzenarien zu entwickeln, die zugehörigen Kursunterlagen zu erstellen und schließlich die durchgeführten Kurse auszuwerten. Durch diese Anwendungen werden sich Anforderungen an die praxisnahe Weiterentwicklung der Benutzeroberfläche sowie von Daten und Modellen ergeben.

Als integraler Bestandteil von RODOS unterscheidet sich das System RODOS/RESY nur inhaltlich durch eine begrenzte Auswahl der implementierten Rechenmodelle und Datensätze, die seine Anwendbarkeit auf den Nahbereich der betrachteten kerntechnischen Anlage beschränken. Die obigen Ausführungen gelten folglich für RODOS/RESY in gleicher Weise.

2.3 Grundlegender Aufbau und Eigenschaften von RODOS

Ausgehend von den Zielsetzungen, den Anforderungen und den möglichen Anwendungen wurde der folgende konzeptionelle Aufbau von RODOS entwickelt (Abb. 1). Es besteht aus drei Teilsystemen,

- dem Analysing Subsystem ASY (Analyse-Teilsystem),
- dem Countermeasure Subsystem CSY (Maßnahmen-Teilsystem), und
- dem Evaluating Subsystem ESY (Bewertungs-Teilsystem).

Diese drei Teilsysteme werden zusammen mit der Datenbank und der Benutzerschnittstelle gesteuert durch

- das Operating Subsystem OSY (Betriebsablaufsystem),

das vom

- Supervising Subsystem SSY (Kontroll-Teilsystem)

unterstützt wird. Die im folgenden beschriebenen Systemeigenschaften sind noch nicht vollständig realisiert. Auf den derzeitigen Entwicklungsstand wird in Abschnitt 2.4 eingegangen.

Die Hauptaufgabe von ASY ist die Abschätzung der gegenwärtigen und zukünftigen Verteilungen von Aktivitätskonzentrationen, abgeleiteten Dosen und Dosisraten in der Umwelt ohne die Berücksichtigung von Schutz- und Gegenmaßnahmen. Dies beinhaltet die Abschätzung des Quellterms, die Berechnung des atmosphärischen Transports der freigesetzten Radionuklide und ihre Ablagerung auf Oberflächen, sowie das weitere Verhalten der Radionuklide in der Umwelt. Die Prognosen werden unter Einbeziehung neuester Daten laufend aktualisiert; ihre Ergebnisse werden auf Bildschirmen in Form von Isolinien von Konzentrationen oder Strahlendosen zusammen mit Monitor- und Meßdaten und geographischen Informationen des betrachteten Gebiets dargestellt.

Die Notfallschutzmaßnahmen bei einem Unfall sind im allgemeinen Kombinationen von verschiedenen Einzelmaßnahmen (z.B. Aufsuchen von Gebäuden, Evakuierung, Verteilung von Jodtabletten, Umsiedlung, Dekontamination und Nahrungsmittelverbote). Die Auswahl der am besten geeigneten Maßnahmenkombination ist eine komplexe Aufgabe, da unterschiedliche Größen (z.B. radiologische, ökonomische, ökologische, soziopsychologische und politische Konsequenzen) die Entscheidung beeinflussen. Die Hauptaufgabe von CSY ist es, die Vorteile und Nachteile verschiedener Schutz- und Gegenmaßnahmenkombinationen zusammen mit dem benötigten technischen und personellen Aufwand und den damit verbundenen Unsicherheiten zu quantifizieren, etwa in Form von Individual- bzw. Kollektivdosen, gesundheitlichen Schäden und Kosten, oder Flächen und die Anzahl der Personen, die von den Maßnahmen betroffen sind. Die Berechnung derartiger Ergebnisse erfordert die Entwicklung von mathematischen Modellen, die die räumlichen und zeitlichen Abhängigkeiten der Notfallschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Lage simulieren und dabei die ökonomischen Bedingungen berücksichtigen. Die Modelle müssen eine kontinuierliche Anpassung an den wirklichen Ablauf der Maßnahmen erlauben, auch wenn dieser sich von den in den Simulationsmodellen unterstellten Annahmen unterscheidet.

Die Hauptaufgabe von ESY ist die Bewertung alternativer Maßnahmenkombinationen unter den Aspekten der Durchführbarkeit in der gegebenen Situation, der Akzeptanz der Maßnahmen in der Bevölkerung, soziopsychologischer und politischer Implikationen und subjektiver Argumente, die die Bewertung der Folgen

der Maßnahmen durch den Entscheidungsträger widerspiegeln. In ESY können diese Einflußgrößen berücksichtigt werden, indem sie durch Regeln, Wichtungen und Präferenzfunktionen mathematisch formuliert werden. Die Anwendung dieser Regeln führt zu einer Rangreihenfolge von Maßnahmenalternativen zusammen mit jenen Regeln und Präferenzfunktionen, die wesentlich zu dieser Bewertung geführt haben. Diese Rangreihenfolge kann dem Entscheidungsträger wesentlich helfen, zu einer endgültigen Entscheidung zu kommen. Gegenwärtig sind sowohl multi-faktorielle Entscheidungstechniken als auch Expertensysteme Gegenstand von Untersuchungen über ihre Eignung als methodische Hilfsmittel zur Bewertung alternativer Maßnahmenkombinationen.

Unsicherheiten in den Ergebnissen der genannten Teilsysteme sind aus folgenden Gründen unvermeidbar:

- ungenügende Beschreibung der radioökologischen Prozesse oder anderer Vorgänge mit Hilfe von mathematischen Algorithmen (Modellunsicherheiten),
- unvorhersehbare Ereignisse, die vom System nicht erfaßt bzw. berücksichtigt werden können, oder Einflüsse und Konsequenzen, die nicht quantifiziert werden (Unsicherheiten in der Vollständigkeit),
- Unsicherheiten in Modellparametern, Daten und Meßwerten.

Unsicherheiten in Modellen und in der Vollständigkeit lassen sich mit den derzeit verfügbaren Methoden nicht quantifizieren. Die im dritten Punkt angesprochenen Unsicherheiten werden i.a. aus der Kombination "objektiver" aus Messungen ermittelter Fehlerbandbreiten und "subjektiver" Beurteilung basierend auf Expertenwissen abgeschätzt. Allerdings existiert keine oder nur wenig Erfahrung wie diese Unsicherheiten in einem Echtzeit-On-line-Entscheidungshilfesystem fortgepflanzt und quantifiziert werden können. Offensichtlich ist nur, daß sie zu berücksichtigen und zusammen mit den verschiedenen Ergebnissen darzustellen sind. Im Rahmen des RODOS-Projekts wird diesen Aspekten Rechnung getragen.

Jedes der oben beschriebenen Teilsysteme besitzt eine modulare Struktur, um einen einfachen Austausch von Modellen, Algorithmen und Daten zu ermöglichen. Die Rechenverfahren und Modelle sind derart parameterisiert, daß sie die Berücksichtigung der folgenden Gegebenheiten ermöglichen:

- unterschiedliche Qualität und Quantität meteorologischer und radioökologischer Meßdaten;
- umgebungsbezogene demographische und ökonomische Informationen des betrachteten Gebietes;

- nationale Bestimmungen, Notfallschutzpläne, Entscheidungsstrukturen und Bedürfnisse der Benutzer.

Die Unterteilung von RODOS in die drei Subsysteme ASY, CSY und ESY sollte als konzeptioneller Entwurf angesehen werden. Um eine effektive Ausführung der Rechnungen zu gewährleisten, wird die tatsächliche Software aus einer Anzahl von Untermodulen bestehen, von denen jedes für einen spezifischen Typ von Rechnungen entwickelt worden ist. Die Entwicklung eines einzelnen Moduls kann größtenteils unabhängig erfolgen, so daß eine dezentrale Programmentwicklung möglich ist.

Die Verknüpfung der verschiedenen Programmmodule, die Eingabe, die Übertragung und der Austausch von Daten, die Darstellung von Ergebnissen und die Kontrolle der interaktiven und automatischen Betriebsweisen des Systems wird von OSY gesteuert. Hauptaufgaben von OSY sind die korrekte Steuerung des Systemablaufs, die Verwaltung von Daten und der Nachrichtenaustausch zwischen den einzelnen Modulen, sowie die Wechselwirkung mit den Benutzern in verteilten Rechnersystemen. Die Flexibilität des gesamten Systems wird durch OSY festgelegt und ist entkoppelt von der Entwicklung der Programmmodule.

Der Dialog zwischen RODOS und dem Benutzer kann parallel in zwei verschiedenen Betriebsweisen erfolgen. Im sogenannten "automatischen Modus" präsentiert das System mit der aktuellen Zykluszeit (z.B. bei Katastrophenschutzanwendungen in der Frühphase von 10 Minuten) selbständig alle Informationen, die für die Entscheidungsfindung relevant und entsprechend dem aktuellen Kenntnisstand quantifizierbar sind. Zu diesem Zweck werden alle Daten, die im vorangegangenen Zyklus in das System eingegeben wurden (On-line oder durch Benutzereingabe), im laufenden Zyklus berücksichtigt. Die Teilsysteme CSY und ESY werden je nach Bedarf mit längeren Zykluszeiten durchlaufen. Die Wechselwirkung mit dem System bleibt auf ein Minimum an Benutzereingabe beschränkt, die notwendig ist, um die aktuelle Situation zu charakterisieren und um Modelle und Daten anzupassen.

Während späterer Unfallphasen, wenn längerfristige Schutz- und Gegenmaßnahmen zu betrachten und rasche Entscheidungen nicht nötig sind, gewinnt der "interaktive" Modus an Bedeutung. In diesem Dialog-Betrieb findet die Kommunikation zwischen Systembenutzer und RODOS über eine Menü-Oberfläche statt. Mit hierfür entwickelten Editoren lassen sich spezielle Aufgabenstellungen zur Beantwortung durch das System formulieren, Eingabe- und Parameterwerte ändern und die Ergebnisauswahl und -darstellung variieren.

Das "Supervising Subsystem" (Kontroll-System) SSY unterstützt den Benutzer, indem es ein geeignetes Ablaufschema für den Aufruf von Teilsystemen und Modulen generiert, das auf der inneren Logik der räumlichen und zeitlichen Abfolge von physikalischen Vorgängen und Schutz- und Gegenmaßnahmen aufbaut. Im automatischen Modus des Systems bewertet es den aktuellen Stand der Informationen und leitet daraus die nachfolgende Aufrufsequenz von Modulen ab. So kann z.B. ein Programmablauf weit vor ESY beendet werden, wenn man sich in der Frühphase des Unfalls befindet und die Menge und Qualität der verfügbaren Daten noch gering ist.

Im interaktiven Modus kann SSY die Problemstellungen von Benutzern mit unterschiedlichem Kenntnisstand analysieren und daraus eine angemessene Logik für den Aufruf von Modulen und Subsystemen ableiten. Es ist offensichtlich, daß ein solches System mit der Möglichkeit der Selbsterzeugung der Logik von Programmabläufen eines sorgfältigen Designs bedarf, das auf Expertenwissen und den Erfahrungen beruhen muß, die aus der intensiven Anwendung des Systems in einer großen Anzahl von Fallstudien resultieren.

2.4 Gegenwärtiger Entwicklungsstand

Basierend auf den in der Design-Studie für RODOS /K1/ festgelegten und in Kap. 2.3 beschriebenen Anforderungen an die Funktionalität des Systems wurde von KfK/INR der Software-Rahmen konzipiert /K2/, von den Vertragspartnern diskutiert und akzeptiert. Dieses Software-Rahmen-Konzept bildete die Grundlage für die Entwicklung des Betriebsabwicklungssystems OSY, das in der Prototypversion RODOS-PRTY1.0 realisiert ist. Sie wurde im Herbst 1992 fertiggestellt und auf nationaler Ebene (u.a. Notfallausschuß der SSK) und international während des "3rd International Workshop on Real-Time Computing of Environmental Consequences of an Accidental Release to Atmosphere from a Nuclear Installation", Schloß Elmau, Bayern, 25. - 30. Oktober 1992 /2, 3/, präsentiert.

Mit ihr war es möglich, die automatische Betriebsweise und die Darstellung von Ergebnissen auf verschiedenen Stufen der Informationsverarbeitung zu demonstrieren. Modelle und Daten sind jedoch weitgehend räumlich und zeitlich noch auf den Nahbereich und die Frühphase eingeschränkt. Außerdem besteht noch keine on-line Ankopplung an meteorologische und radiologische Datennetze. Die wesentlichen Eigenschaften von RODOS-PRTY1.0 werden weiter unten kurz beschrieben. Die breite Zustimmung sowohl zum Hardware- und Software-Konzept als auch zu den bisherigen Modellinhalten, den Ergebnissen und ihrer

graphischen Darstellung führte zur Fortsetzung der Arbeiten sowohl bzgl. RODOS als auch speziell von RODOS/RESY. Dabei wird angestrebt, bis Ende 1994 die erste Pilotversion RODOS/RESY-PV1 zur Verfügung zu stellen, die zum on-line Testbetrieb in KFÜ-Systemen geeignet ist. Die anschließende Erprobung von RODOS/RESY-PV1 unter realistischen Bedingungen und die Erfahrungen der am Entscheidungsprozeß beteiligten Personen im Umgang mit dem System werden wesentlich dazu beitragen, die Inhalte der integrierten Rechenprogramme, die Systemfunktionen und die Benutzeroberfläche zur Einsatzreife bis Ende 1996 weiterzuentwickeln. Die Pilotversion RODOS/RESY-PV1 wird ausführlich in den Kapiteln 3,4 und 5 beschrieben.

Parallel hierzu wird die Prototypversion 2 von RODOS bis Mitte 1995 entwickelt, die sich durch eine deutlich erweiterte Funktionalität auszeichnen wird. Dies wird vor allem durch die Integration der von den EG- und GUS-Vertragspartnern entwickelten Rechenprogrammen und die Erweiterung der Benutzeroberfläche erreicht. Durch den Transfer der Software und Hardware von RODOS-PRTY1.0 nach Rußland, Polen, Griechenland und in die Ukraine im Jahre 1993 und nach Weißrußland in 1994 wird aufgrund der Erfahrungen bei der Ankopplung an nationale radiologische und meteorologische Informationsnetze die praxisnahe Weiterentwicklung zur Prototypversion RODOS-PRTY 2.0 unterstützt. Gleichzeitig werden durch gemeinsame F + E-Vorhaben Modellinhalte, Rechenmethoden und Datensätze erheblich erweitert und verbessert.

Die Prototypversion RODOS-PRTY1.0 enthält die gesamte im KfK/INR entwickelte RODOS/RESY-Software /5/, insbesondere das Betriebsabwicklungssystem OSY, Modelle zur atmosphärischen Ausbreitung und Ablagerung (ATSTEP-CORA), zur Simulation Katastrophenschutzmaßnahmen (EMERSIM), zur Abschätzung von gesundheitlichen Schäden (HEALTH) und monetären Kosten (ECONOM), und das Grafiksystem GSY. Zusätzlich wurden Dosis- und Nahrungskettenmodelle (ECOAMOR) der GSF /6/ und Maßnahmemodelle für kontaminierte Nahrungsmittel (FRODO) des NRPB /6/ integriert. Folgende Ergebnisse können von der Prototypversion RODOS-PRTY 1.0 berechnet werden:

- aktuelle und prognostizierte Aktivitätskonzentrationen und potentielle Strahlendosen und Dosisraten;
- Gebiete mit Schutz- und Gegenmaßnahmen und die Anzahl der betroffenen Personen;
- Dauer von Nahrungsmittelverboten (Milch und Milchprodukte) sowie die zugehörigen Mengen;

- akute und Lebenszeitdosen von Erwachsenen mit und ohne Berücksichtigung von Maßnahmen;
- Anzahl von Personen mit Individualdosen in verschiedenen Wertebereichen
- deterministische und stochastische Gesundheitsrisiken sowie Anzahl der geschädigten Personen;
- Kosten von Katastrophenschutzmaßnahmen.

Sämtliche Ergebnisse können grafisch auf Umgebungskarten mit veränderbaren Charakteristika ortsabhängig dargestellt als auch numerisch in Form von Tabellen ausgegeben werden.

3. Die Teilsysteme von RODOS/RESY-PV1

3.1 Teilsystem ASY

Aufgabe des Teilsystems ASY ist die Bestimmung der aktuellen und zukünftigen radiologischen Lage nach einer Freisetzung von Radionukliden in der Atmosphäre. Die Struktur von ASY ist in Abb. 2 dargestellt. In ihr ist die Integration des durch die GSF für RODOS-PRTY2.0 in der Entwicklung befindlichen Teilmoduls ECOAMOR (s. Abschnitt 7.1) zusätzlich gezeigt.

Das System kann sowohl mit aktuellen Daten (Echtzeit-Betrieb) als auch mit Vorhersagedaten (Prognosebetrieb) arbeiten; je nach Betriebszustand werden unterschiedliche meteorologische und Quelltermdaten zugeführt. Im ersten Fall sind es on-line Daten aus KFÜ- und anderen Meßnetzen, im zweiten Fall handelt es sich um prognostizierte meteorologische Felder (z.B. des DWD) und vorhergesagte Quellterme. Die Eingabe und Aufbereitung der meteorologischen Daten erfolgt in den Modulen INPUT, PAD und MCF.

Die numerische Darstellung von Windfeldern, Aktivitätskonzentrations- und Strahlungsfeldern wird in ASY auf einem kartesischen Rechengitter durchgeführt. Bei einer Zellgröße von 1 km überdeckt das Gitter mit $41 \times 41 = 1681$ Punkten ein Quadrat der Fläche $40 \times 40 \text{ km}^2$; größer gewählte Gitterzellen ergeben eine entsprechend größere Rechengitterfläche. Die Definition des Rechengitters und die Verknüpfung der Gitter-Koordinaten mit festen geographischen Koordinaten erfolgt im Modul KOORD. Das hier festgelegte Rechengitter wird nicht nur in ASY sondern auch im Teilsystem CSY zur Speicherung von Feldgrößen verwendet. Abb. 3 zeigt diese gemeinsame Gitterstruktur der Daten.

Die Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung und Ablagerung sowie von nuklidspezifischen Aktivitätskonzentrationsfeldern wird in den Modulen ATSTEP-CORA und RIMPUFF durchgeführt. Die anschließende Dosisberechnung im Modul DOSBAU resultiert in aktuellen Ortsdosisleistungen im Echtzeit-Betrieb bzw. potentiellen Teildosen (Dosisbausteinen) bei Prognoseläufen. Die Dosisbausteine sind die wesentlichen Daten, die von ASY nach CSY übergeben werden, um die Konsequenzen von Katastrophenschutzmaßnahmen berechnen zu können.

3.1.1 Eingabedaten-Files (INPUT)

In diesem Modul werden feste Datensätze eingelesen, die in anderen Modulen benötigt werden:

- Halbwertszeiten von Nukliden
- Korrekturfaktoren für Fahnen-Gammastrahlung
- Dosisfaktoren
- Topographische Daten

3.1.2 Koordinatendefinition (KOORD)

In KOORD wird das kartesische Rechengitter festgelegt. Nachdem die Gitterzellengröße und die relative Position der Quelle (Kernkraftwerk) auf dem Rechengitter per Editor fixiert worden sind, wird die absolute UTM-Position des betrachteten Kraftwerks benutzt, um die absolute Lage des Rechengitters in geographischen Koordinaten zu bestimmen. Die geographischen Koordinaten von meteorologischen Meßstationen und Gamma-Monitoren werden dann in relative Gitterpositionen umgerechnet. Falls meteorologische Prognosedatenfelder vorliegen, werden auch deren Koordinaten relativ zum Rechengitter bestimmt.

3.1.3 Der Modul PAD zur Aufbereitung meteorologischer Daten

Das meteorologische Vorprogramm PAD wird von ENEA entwickelt /4/ und zur Implementierung in RODOS im September 1993 bereitgestellt. Es ist das Bindeglied zwischen den in das System einlaufenden meteorologischen Meßdaten einzelner Stationen (KFÜ, meteorologische Masten,...) und den Windfeld- und Ausbreitungsmodulen. Diese Module benötigen aufbereitete Daten, die den Zustand der atmosphärischen Grenzschicht beschreiben. Das meteorologische Vorprogramm PAD berechnet diese Grenzschichtdaten aus den meteorologischen Meßdaten.

Eingabedaten

- Windgeschwindigkeit- und -richtung in verschiedenen Meßhöhen
- Turbulenz
- Temperaturgradienten
- Strahlungsbilanz
- Bedeckungsgrad
- Tageszeit, Jahreszeit, Niederschlagsrate

Umfang und Frequenz dieser Daten hängt von den jeweilig angeschlossenen Meßstationen ab.

Ausgabedaten

- Windprofile,

- Turbulenzparameter,
- Mischungsschichthöhe

3.1.4 Massenkonsistentes Windfeldmodell (MCF)

Das massenkonsistente Windfeldmodell MCF wird von der GRS zur Implementierung in RODOS im September 1993 bereitgestellt. Es ermöglicht die Konstruktion eines räumlichen, divergenzfreien Windvektorfeldes über einem quadratischen Ausschnitt der Grundfläche, der das Rechengitter überdeckt. Benötigt werden hierzu die Grenzschicht- und Windprofilaten, die im meteorologischen Vorprogramm PAD aus den Stationsmeßdaten berechnet werden. Weiterhin wird die Topographie der Grundfläche eingegeben, sodaß der Einfluß von Gebirgsstrukturen auf das Windvektorfeld berücksichtigt wird.

Funktionen von MCF

Der Modul MCF kann bei der Echtzeit/on-line-Betriebsweise verwendet werden, um die lokalen Windmeßdaten von KFÜ- und anderen Stationen zu Windfeldern zu integrieren.

Bei der Prognose-Betriebsweise können großräumige Windfelder aus der Wetterprognose des Deutschlandmodells (DWD) mit einer Auflösung von 14 km als Eingabedaten von MCF dienen, um so ein höher aufgelöstes, orographie-korrigiertes Windfeld im Rechengebiet von RODOS zu erlangen.

Eingabedaten für MCF

- Windvektoren aus Meßstationen
- Windprofil
- Temperaturprofil
- Monin-Obukhov-Länge
- Rauigkeitslänge
- orographische Daten
- Koordination von Gitter und Stationen
- Steuergrößen und Parameter zur Gitterdefinition und zum Rechenablauf (MCF-Files).

Ausgabedaten von MCF

3-dimensionales Windvektorfeld auf dem Rechengitter.

3.1.5 Synchronisation der Daten und Zeitschritte (TIMER)

In diesem Modul werden die aufbereiteten meteorologischen Eingabedatensätze und die Freisetzungsdaten geeignet interpoliert oder gemittelt, sodaß eine Synchronisation dieser Daten mit den für die Ausbreitungsrechnung gewählten Zeitschritten erzielt wird:

- Je nach Situation und Art der Berechnung können die Zeitschritte eine Länge von 10, 30 und 60 Minuten besitzen. KFÜ-Daten kommen im 10-Minuten-Takt; bei der Verwendung von 30 und 60 Minuten Zeitschritten in der Ausbreitungsrechnung werden Mittelwerte der KFÜ-Daten gebildet.
- Zeitabhängige, nuklidspezifische Freisetzungsraten werden als Stufenfunktionen mit 30 Minuten Schrittweite definiert. Bei Verwendung von 10 Minuten Schritten in der Ausbreitungsrechnung wird ein 30 Minuten-Freisetzungsschritt auf drei 10 Minuten Abschnitte aufgeteilt.
- Prognostizierte Windfelder des DWD liegen i.a. nur mit einer zeitlichen Auflösung im Stundenbereich vor; für kürzere Zeitschritte bei der Ausbreitungsrechnung werden die Windfelddaten zeitlich interpoliert.
- Zeitabhängige Niederschlagsraten in bestimmten Gebieten, die aus einer Wetterprognose stammen oder in der aktuellen Wettersituation auftreten, werden der Zeitschrittstruktur des Ausbreitungsmodells zugewiesen.

3.1.6 Atmosphärische Ausbreitungsrechnung

3.1.6.1 ATSTEP-CORA

Der Code ATSTEP-CORA dient zur Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung und Ablagerung freigesetzter Radionuklide (ATSTEP) und der daraus folgenden nuklidspezifischen Konzentrationsfelder sowie der resultierenden Gammastrahlungsfelder (CORA) /5/.

ATSTEP ist ein Gauß-Puff Code, in dem aus Gründen der Rechenzeiterparnis eine relativ geringe Anzahl langgestreckter Puffs verwendet wird, um Freisetzung, Ausbreitung und Ablagerung zu modellieren. Die Länge des Zeitschritts für die Freisetzungs- und Transportrechnungen beträgt (minimal) 10 Minuten. Jeder an der Quelle emittierte Puff erhält eine dem Zeitschritt und der Windgeschwindigkeit entsprechende Länge, eine der herrschenden Windrichtung entsprechende

Orientierung und trägt den jeweiligen Aktivitätsinhalt der innerhalb des Zeitschritts emittierten Nuklidmengen. Während der weiteren Ausbreitungsrechnung wird jeder Puff entsprechend dem zeitlichen und räumlichen Verlauf des Windfeldes unter Beibehaltung seiner Orientierung auf einer eigenen Trajektorie verfolgt. Dabei wird die diffusive Verbreiterung ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ -Parameter), die trockene und nasse Ablagerung (Depositionsgeschwindigkeit v_D und wash-out Konstante Λ abhängig von den Depositionsgruppen Edelgase, Jod, Aerosole), sowie die Abreicherung des Puffs durch Ablagerung und radioaktiven Zerfall berücksichtigt. Somit stehen zu jedem Zeitschritt die nuklidgruppenspezifischen Luft- und Bodenkonzentrationen jedes Puffs zur Verfügung. Weiterhin wird die Gammastrahlung jedes Puffs mit einfachen Modellen (Linienquelle, Fahnenkorrekturfaktoren, Submersion) berechnet.

Im Programmteil CORA werden die nuklidspezifischen und zeitabhängigen Freisetzunganteile des benutzten Quellterms den normierten Konzentrations- und Strahlungsfeldern der Einzelpuffs zugewiesen und über alle Puffs summiert. Resultat sind die gesamten nuklidspezifischen Konzentrations- und Strahlungsfelder zu jedem Zeitschritt.

3.1.6.2 RIMPUFF

Als alternativer Modul für die Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung ist RIMPUFF, ein Gauß-Puff-Code mit sphärischen Puffs, einsetzbar. Wegen der im Vergleich zu ATSTEP viel größeren Anzahl von Puffs kann mit RIMPUFF eine bessere räumliche und zeitliche Auflösung bei sehr inhomogenen Windfeldern erzielt werden. Eine ausführliche Beschreibung von RIMPUFF enthält /12,18/.

3.1.6.3 Funktionen des Moduls für Atmosphärische Ausbreitung

Es gibt zwei mögliche Betriebsweisen des Ausbreitungsmodules in ASY: der Echtzeit-Betrieb und der Prognose-Betrieb. Die Abläufe beider Betriebsweisen sind in Abb. 4 skizziert.

Echtzeit-Betrieb

Der Ausbreitungs-Modul erhält die aufbereiteten meteorologischen Eingabedaten im 10 Minuten-Takt. Ab Freisetzungsbeginn werden gemessene oder abgeschätzte nuklidspezifische Freisetzungsraten eingegeben und die Ausbreitungsrechnung begonnen. In jedem folgenden 10 Minuten-Intervall wird die Freisetzung fortgesetzt (oder beendet) und die atmosphärische Ausbreitungsrechnung

weitergeführt, sodaß jederzeit die aktuellen Konzentrations- und Strahlungsfeld-Daten zur Verfügung stehen.

Auf Anweisung des Benutzers kann zwischen den Echtzeit-Rechenschritten ein Ausbreitungs-Prognoselauf gestartet werden, der die Situation in einigen Stunden in der Zukunft vorausberechnet und dabei die Ausbreitungsschritte vom Freisetzungsbeginn bis zum laufenden Gegenwartspunkt einbezieht. Aufbauend auf dieser Ausbreitungsprognose kann in CSY die Simulation von Schutz- und Gegenmaßnahmen mit Dosis- und Konsequenzenberechnungen gestartet werden.

Prognose-Betrieb

Ein Ausbreitungs-Prognoselauf kann auch vor oder unabhängig von einer aktuellen Freisetzungssituation durchgeführt werden. Der Ausbreitungsmodul wird dabei mit einer vorgegebenen Anzahl von Zeitschritten, abgeschätzten Freisetzungsraten und prognostizierten meteorologischen Datensätzen betrieben. Die bei jedem Zeitschritt berechneten Konzentrations- und Strahlungsfelder werden gespeichert und in Dosisbausteine (Modul DOSBAU) transformiert, die dann in CSY der Maßnahmensimulation und Konsequenzenberechnung zugeführt werden.

Eingabedaten

meteorologische Daten:

- prognostizierte oder aktuelle Zeitserien von Windvektoren am Emissionssort oder von Windfeldern in dessen Umgebung
- Diffusionskategorie
- Mischungsschichthöhe
- Rauigkeitslänge
- Niederschlagsraten (zeit- und ortsabhängig)

Freisetzungsdaten:

- nuklidspezifische Freisetzungsraten für jeden Zeitschritt
- freigesetzte Wärmeenergie pro Zeitschritt
- Emissionshöhe für jeden Zeitschritt

Ausgabedaten

Zu jedem t Minuten-Zeitschritt (bei Echtzeit-Betrieb $t = 10$; bei Prognosebetrieb $t = 30$) von ATSTEP-CORA werden folgende Datenfelder für jeden Aufpunkt des Rechengitters erzeugt:

- 1) aktueller Wert der Nuklidkonzentration in der Luft 1 m über der Bodenoberfläche [Bq/m³]
- 2) Zeitintegral der Nuklidkonzentration in der bodennahen Luft [Bq s/m³]
- 3) abgelagerte Nuklidkonzentration auf der Bodenoberfläche [Bq/m²]
- 4) naß abgelagerte Nuklidkonzentration auf der Bodenoberfläche [Bq/m²]
- 5) Kerma-Rate der aktuellen Fahnenstrahlung [Gy/s]
- 6) Kerma der Fahnenstrahlung [Gy]

3.1.7 Dosisbausteine (DOSBAU)

Die Funktion dieses Moduls hängt von der Betriebsweise des Systems ab: Im Echtzeit-Betrieb werden aus den aktuellen Konzentrations- und Strahlungsfeldern die aktuellen Gamma-Dosisraten und Felder der Ortsdosisleistung (ODL) berechnet. Im Prognose-Betrieb ist die Aufgabe des Moduls DOSBAU die Berechnung potentieller Individualdosisfelder für dauernden Aufenthalt im Freien aus den Konzentrations- und Strahlungsfeldern, die mit einem Prognoselauf bereitgestellt worden sind. Das gesamte Prognosezeitintervall ist in Zeitabschnitt von 30 Minuten Dauer eingeteilt und entsprechend werden die in diesen Abschnitten akkumulierten potentiellen Teildosen (Dosisbausteine) ΔD_i berechnet. Die Summe über die Teildosen ergibt die potentielle Dosis:

$$D = \sum_{i=1}^M \Delta D_i \quad (\text{Prognosedauer} = M \cdot 30 \text{ Min})$$

Bei der Simulation von Schutz- und Gegenmaßnahmen werden die Dosisbausteine mit zeit- und ortsabhängigen Abschirmfaktoren bzw. Funktionen, die die zeitliche Dauer der Maßnahmen beschreiben (Zeitprofilfunktionen), gewichtet und zu realen Dosen aufsummiert.

Die Dosen werden expositionspfad- und organspezifisch sowie für verschiedene Integrationszeiten ermittelt. Die Dosisberechnung erfolgt konsistent mit den von der GSF entwickelten Rechenprogrammen des Moduls ECOAMOR (s. Abschnitt 7). Zur Rechenzeiterparnis wird allerdings auf den Aufruf von Einzelmodulen verzichtet und direkt auf die Datensätze von Dosiskonversionsfaktoren zugegriffen.

Eingabedaten für DOSBAU

Der Modul DOSBAU greift auf die folgenden Eingabedatenfelder zu, wenn anschließend eine Maßnahmensimulation in CSY gerechnet werden soll:

ATSTEP-CORA Prognose Output ($t = 30$) für alle 30 Minuten Schritte des gesamten Prognosezeitintervalls.

Ausgabedaten von DOSBAU

Dosisbausteine ΔD_i , $i = 1, M$ in [Sv].

Die Inhalte jedes Dosisbausteins ΔD_i liegen für jeden Aufpunkt des Rechengitters vor und sind bislang hinsichtlich folgender Expositionspfade, Organe und Integrationszeiten spezifiziert.

Expositionspfade

externe Bestrahlung aus der Fahne
externe Bestrahlung vom Boden
externe Bestrahlung durch Kontamination von Haut und Kleidung
interne Bestrahlung nach Inhalation

Organe

Lunge, Knochenmark, Schilddrüse, Uterus; Effektivdosis

Integrationszeiten

24h, 7d, 14d, 30d, 200d, 1y, 50y

Im Zeitraum bis zur Fertigstellung von RODOS/RESY-PV1 können bei Bedarf die zu berücksichtigenden Expositionspfade, Organe und Integrationszeiten noch geändert werden (siehe Abschnitt 7.1).

3.2 Teilsystem CSY

Aufgabe des Teilsystems CSY ist die mathematische Simulation von Schutz- und Gegenmaßnahmen in der Bevölkerung sowie die Berechnung von bei verschiedenen Kombinationen von Einzelmaßnahmen resultierenden Konsequenzen. Ein Rechenlauf der Module in CSY ist nur dann sinnvoll, wenn zuvor ein Prognoselauf im Teilsystem ASY stattgefunden hat. Endergebnis von CSY ist die Maßnahmen-Konsequenzen-Matrix ACM (i, j), die zu jeder Maßnahmen-Kombination i einen Satz von Konsequenzen j enthält. Die Struktur von CSY ist in Abb. 5 gezeigt.

Der Aufbau von CSY ermöglicht sowohl die Generierung von verschiedenen Maßnahmen-Kombinationen als auch die Berechnung der jeweiligen resultierenden Konsequenzen, wie Dosen, Gesundheitsschäden und Kosten. Die Erzeugung

von Maßnahmen-Kombinationen erfolgt standardmäßig automatisch, kann aber auch durch Benutzereingabe variiert werden. Im Augenblick sind als Einzelmaßnahmen Aufsuchen von Gebäuden (Sheltering), Evakuierung und die Verteilung von Jodtabletten implementiert. Bis zur endgültigen Fertigstellung der Pilotversion besteht jedoch die Möglichkeit, die Einbeziehung weiterer Einzelmaßnahmen zu diskutieren und diese gegebenenfalls zu implementieren.

Zu Beginn eines CSY-Rechenzyklus erfolgen Berechnungen von Dosen ohne Maßnahmen mit den Modulen OAIRDOS und NORMDOS sowie von den zugehörigen gesundheitlichen und monetären Konsequenzen mit den Modulen HEALTH und ECONOM. Die resultierenden Ergebnisse werden in allen folgenden Berechnungen benötigt. In der "Maßnahmen-Schleife" wird eine Anzahl von Maßnahmen-Alternativen generiert und die jeweils betroffenen Gebiete bestimmt (Module ACTIONS, AREAS). Nach der mathematischen Simulation der Maßnahmen (Modul EMERSIM) werden die zugehörigen Strahlendosen (Module SHELDOS, EVACDOS, IODDOS), die gesundheitlichen Risiken und Schäden (Modul HEALTH) und die durch die Maßnahmen und Schäden verursachten Kosten (Modul ECONOM) berechnet. Die nach jedem Durchlauf der Maßnahmenschleife erzielten Ergebnisse füllen eine weitere Zeile in der Maßnahmen-Konsequenzen-Matrix aus. In Abb. 5 ist zusätzlich die Integration des durch das NRPB (UK) für RODOS-PRTY2.0 in der Entwicklung befindlichen Teilmodules FRODO (s. Abschnitt 7.1) schematisch dargestellt.

3.2.1 CSY-Eingabedaten (INPUT)

Im Modul INPUT werden folgende Daten eingelesen:

- Bevölkerungsdaten
- Bebauungsdaten, Abschirmfaktoren
- Daten über Beschäftigte in verschiedenen Wirtschaftssektoren
- Evakuierungsrouten-Daten
- Verfügbarkeit von Transportmitteln zur Evakuierung
- Dosiskonversionsfaktoren
- Dosisbausteine aus Modul DOSBAU

3.2.2 Berechnung von Dosen ohne Schutz- und Gegenmaßnahmen (OAIRDOS, NORMDOS)

In diesen Modulen werden Individualdosisfelder berechnet, die sich ohne die Einbeziehung von Schutz- und Gegenmaßnahmen ergeben. Sie dienen als Ver-

gleichsgrößen mit den Dosen, die unter Berücksichtigung von Maßnahmen berechnet werden.

Im Modul OAIRDOS (open air Dosis) werden auf dem gesamten Gitter Organdosen für den dauernden Aufenthalt im Freien berechnet. Dies geschieht durch Ausführung der Zeitschritt-Summe über die Dosisbausteine aus dem Modul DOSBAU.

Der Rechenablauf im Modul NORMDOS (Dosis unter Berücksichtigung normaler Aufenthaltsgewohnheiten) erfolgt wie zuvor für OAIRDOS beschrieben, allerdings mit dem Unterschied, daß Wohn- oder Berufsaufenthalt in verschiedenen Gebäudetypen unterstellt wird, der mit entsprechenden Abschirmfaktoren gegen externe Strahlung und Inhalation berücksichtigt wird.

3.2.3 Maßnahmen-Generator (ACTIONS)

Im Modul ACTIONS wird Art und Umfang der in EMERSIM zu simulierenden Kombinationen von Maßnahmen durch Parameter festgelegt. ACTIONS steht am Beginn einer Rechenschleife, in der nacheinander alle ausgewählten Maßnahmen-Kombination simuliert und in ihren Konsequenzen ausgewertet werden (EMERSIM, HEALTH, ECONOM). Die Steuerparameter in ACTIONS, die die Maßnahmen-Kombination definieren, sind einerseits Faktoren, die die Dosiseingreifswerte modifizieren, andererseits Zeitparameter, die Zeitpunkt und Dauer von Einzelmaßnahmen variieren.

Ausgabedaten

Sätze von Eingreifswerten und Zeitdaten; jeder Datensatz repräsentiert eine Maßnahmen-Kombination.

3.2.4 Gebiete mit Maßnahmen (AREAS)

Durch Vergleich von potentiellen Organdosen mit den zugehörigen Dosiseingreifswerten für Schutz- und Gegenmaßnahmen in der Bevölkerung werden im Modul AREAS die betroffenen Gebiete berechnet. Die Information über die betroffenen Gebiete wird in Feldern mit logischen Flaggen gespeichert, mit denen für jede Zelle auf dem Rechengitter der Maßnahmen-Status angezeigt wird.

Eingabedaten

Dosiseingreifswerte, potentielle Organdosen

Ausgabedaten

Felder logischer Flaggen, die den Maßnahmen-Status auf den Zellen des Rechengitters anzeigen.

3.2.5 Maßnahmen-Simulation EMERSIM

Der Modul EMERSIM (emergency simulation) faßt die mathematische Simulation der Schutz- und Gegenmaßnahmen 'Evakuierung', 'Aufsuchen von Gebäuden' und 'Verteilung von Jodtabletten' sowie die Berechnung der aus Kombinationen dieser Maßnahmen resultierenden Organdosen zusammen. Er enthält die Untermodule EVSIM zur Simulation der Evakuierung und den zugehörigen Dosismodul EVACDOS. Die Maßnahmen 'Aufsuchen von Gebäuden' und 'Verteilung von Jodtabletten' können sehr einfach in Form von Faktor-Funktionen modelliert werden und haben daher keinen eigenen Modul; die Simulation findet direkt bei der Dosisberechnung in den Modulen SHELDOS und IODDOS statt.

3.2.5.1 Simulation der Evakuierung (EVSIM)

Der Code EVSIM modelliert die Notfallmaßnahme "Evakuierung der Bevölkerung aus Gebieten in der näheren Umgebung von Kernkraftwerken über das vorhandene Straßennetz". Mit seiner Hilfe ist es möglich, die Konsequenzen unterschiedlicher Evakuierungsszenarien zu bewerten. In der Form des in das RODOS/RESY-System integrierten Programm-Codes EVSIM-I liefert er die Positionen der Personen während der Evakuierung. Anhand dieser Daten werden im Modul EVACDOS die Strahlendosen der evakuierten Personen berechnet (s. Abschnitt 3.2.6).

EVSIM benutzt standortspezifische Daten, die aus einer Datei eingelesen werden. Diese bilden das Straßenverkehrsnetz ab, auf dem der Transport der zu evakuierenden Bevölkerung berechnet wird und liefern die Ausgangsverteilung der Bevölkerung zu Beginn der Simulation.

Die Modellierung der Dynamik läßt sich thematisch gliedern in die Behandlung der Verkehrsströme an Verkehrsknoten und die Beschreibung der Dynamik auf Straßenabschnitten. Wegen der Vielzahl unterschiedlicher Knotentypen werden die Kenndaten der Verkehrsknoten im Evakuierungsgebiet aus einer Datei gelesen. EVSIM berücksichtigt sowohl signalgesteuerte als auch nicht signalgesteuerte Knotenpunkte.

Als Straßentypen werden Schnellverkehrsstraße, Hauptstraße und Nebenstraße berücksichtigt. Für jeden Typ kann eine Geschwindigkeit vorgegeben werden; die sich zu vorgegebener Geschwindigkeit einstellende Verkehrsdichte wird unter Benutzung von Daten aus Fundamentaldiagrammen (Geschwindigkeits-Verkehrsdichte-Diagrammen) berechnet. Die Effekte wie Rückstaus an Nahtstellen verschiedener Straßentypen werden berücksichtigt. Insbesondere werden aufgrund herabgesetzter Leistungsfähigkeit eines Straßenabschnitts auftretende Verkehrsstaus modelliert.

EVSIM gestattet es, sowohl in den Eingabedateien gespeicherte Szenarien zu simulieren, als auch Evakuierungsszenarien vollständig vom Benutzer eingeben zu lassen. Der Simulationsablauf kann durch den Benutzer durch manuelle Eingabe modifiziert werden (z.B. zu evakuierendes Gebiet anwählen, die Leistungsfähigkeit eines Straßenabschnitts herab- oder heraufsetzen, die Evakuierung einer Gemeinde starten oder stoppen, die Evakuierung auf eine andere Route umleiten usw.).

Eingabedaten

- Lage der Verkehrsknoten;
- Kenndaten von Verkehrsknoten;
- Lage der Straßenabschnitte;
- Evakuierungsknoten spezieller Szenarien.

Ausgabedaten

Mit Hilfe des Grafikmoduls des RODOS/RESY-Systems ist es möglich, den Ablauf der Simulation zu verfolgen.

Unabhängig von dieser Grafikausgabe werden von EVSIM folgende Informationen auf Dateien ausgegeben:

- Zahl der evakuierten Personen jeder Gemeinde zu verschiedenen vorgegebenen Zeitpunkten;
- Zahl der sich noch in den Gemeinden befindenden Personen zu verschiedenen vorgegebenen Zeitpunkten;
- Zahl der sich auf den Evakuierungsrouten befindenden Personen zu verschiedenen vorgegebenen Zeitpunkten;
- Häufigkeitsverteilung der Evakuierungszeiten für jede Gemeinde;

- Häufigkeitsverteilung der Evakuierungszeiten für das gesamte Evakuierungsgebiet;
- Weg-Zeit-Information der evakuierten Personengruppe auf dem Rechengitter.

3.2.5.2 Simulation der Maßnahme 'Aufsuchen von Gebäuden' (Sheltering)

Die Schutzwirkung von Gebäuden gegen externe Gammastrahlung aus der Aktivitätsfahne und von kontaminierten Flächen sowie die Reduzierung der Inhalationsdosis durch den Aufenthalt in geschlossenen Räumen während des Durchzugs der Fahne wird durch geeignet gewählte Abschirmfaktoren beschrieben. Die Abschirmfaktoren werden auf jeder Zelle des Rechengitters bestimmt. Sie leiten sich ab aus den Abschirmeigenschaften der in der jeweiligen Gitterzelle befindlichen Gebäudetypen (DFAD-Daten, siehe Abschnitt 5.4.2).

3.2.5.3 Simulation der Maßnahme 'Verteilung von Jodtabletten'

In denjenigen Gebieten, in denen die potentielle Schilddrüsenedosis durch Inhalation von radioaktivem Jod über dem Eingreifwert liegt, kann die Maßnahme 'Verteilung von Jodtabletten' simuliert werden. Dafür kann der Zeitpunkt der Verteilung bzw. der Einnahme der Tabletten gewählt werden. Die Schutzwirkung der Jodtabletten wird durch Faktoren beschrieben, die die Verringerung der Aufnahme des radioaktiven Jods in der Schilddrüse beschreiben. Die Faktoren sind Funktionen der Differenz zwischen Inhalations- und Einnahme-Zeitpunkt.

3.2.6 Berechnung von Dosen mit Schutz- und Gegenmaßnahmen

In den Gebieten mit Schutz- und Gegenmaßnahmen, die im Modul AREAS durch logische Flaggen auf dem Rechengitter gekennzeichnet sind, basiert die Dosisberechnung wie in den Modulen OAIRDOS und NORMDOS auf der Summation der Dosisbausteine über 30 Minuten Zeitschritte innerhalb des Prognoseintervalls. Die Berücksichtigung von orts- und zeitabhängigen Maßnahmen bei der Dosisberechnung geschieht durch geeignete Auswahl der Dosisbausteine auf dem Gitter und die Verwendung orts- und zeitabhängiger Abschirmfaktoren und Profilkfunktionen.

Dosisberechnung bei Evakuierung (EVACDOS)

Die während der Evakuierungsfahrt aufgrund von externer Bestrahlung akkumulierte Dosis ist eine wegabhängige Zeitsumme über die entlang der Fahrtroute vorliegenden lokalen Dosisraten. Entsprechend ist die während der Evakuie-

rungsfahrt inhalierte Aktivität eine wegabhängige Zeitsumme über die proportional zur lokalen Luftkonzentration eingeatmete Menge an Radionukliden. Da im Evakuierungsmodul EVSIM die Weg-Zeit-Daten der evakuierten Personengruppen berechnet und abgespeichert werden, wird diese Information im Modul EVACDOS dazu verwendet, die Dosisbausteine der entsprechenden Gitterzellen und Zeitschritte über die Dauer der Evakuierungsfahrt zu summieren.

Die Dauer der Abwesenheit von evakuierten Personen kann vom Benutzer eingegeben werden; eine genaue Bestimmung der Abwesenheit und damit der Strahlendosen ist nur im Zusammenwirken mit dem Modul FRODO für Umsiedlungsmaßnahmen möglich (siehe Abschnitt 7).

Dosisberechnung bei Sheltering (SHELDOS)

Im Modul SHELDOS werden für die Dauer der Maßnahme 'Aufsuchen von Gebäuden' die Dosisbausteine in den Gitterzellen des betroffenen Gebietes mit den jeweiligen Abschirmfaktoren für externe Bestrahlung bzw. Inhalation multipliziert und aufsummiert.

Dosisberechnung bei Verteilung von Jodtabletten (IODDOS)

Im Modul IODDOS werden die potentiellen Schilddrüsendosen aus der Inhalation von Jod mit den zeitabhängigen Reduktionsfaktoren multipliziert, die aus der Einnahme der Jodtabletten resultieren. In den betroffenen Gebieten hängen diese Faktoren von der Lage der Gitterzellen in bezug auf den Ort der Freisetzung ab, da der Zeitpunkt der Fahnenankunft (und damit des Inhalationsbeginns) variiert.

Ausgabedaten von EMERSIM

Jede Individualdosis wird für jeden Aufpunkt des Rechengitters berechnet und ist hinsichtlich Expositionspfad, Organ und Integrationszeit spezifiziert wie in Abschnitt 3.1.7 beschrieben.

Weiterhin werden die Organdosisfelder summiert über alle Expositionspfade ausgegeben. Außerdem wird für jedes Element des Rechengitters die (vermiedene) Kollektivdosis berechnet. Aus allen Dosisfeldern werden Dosishäufigkeitsverteilungen in der Bevölkerung bestimmt.

3.2.7 Berechnung gesundheitlicher Risiken und Schäden (HEALTH)

Im Modul HEALTH werden Dosis-Risiko-Beziehungen dazu verwendet, um die Risiken für deterministische und stochastische gesundheitliche Schäden zu quantifizieren. Die Modellierung erfolgt wie im Programmsystem COSYMA /15/. Aus den zuvor in den Dosismodulen berechneten Organdosen werden auf dem gesamten Rechengitter Risikozahlen für die folgenden Schadensarten bestimmt:

deterministische Schäden

Lungenfunktionsstörungen

Schilddrüsen-Unterfunktion

Tod durch akutes Lungensyndrom

Tod durch akutes Knochenmarksyndrom

Tod bei Feten, Embryonen und Neugeborenen

geistige Behinderung bei Kindern nach Bestrahlung in utero

stochastische somatische Schäden

Summe der Krebserkrankungen mit/ohne Todesfolge

Aus den Risikozahlenfeldern werden durch Multiplikation mit den Bevölkerungsanzahlen pro Gitterzelle die Anzahl von Schäden in der Bevölkerung ausgerechnet.

Während der verbleibenden Entwicklungszeit von RODOS/RESY-PV1 kann das Spektrum der Gesundheitsschäden geändert werden.

Eingabedaten

Organdosen und Effektivdosis mit verschiedenen Integrationszeiten aus EMER-SIM.

Ausgabedaten

Risikozahlen- und Anzahlenfelder für die oben genannten deterministischen und stochastischen somatischen gesundheitlichen Schadensarten für jeden Aufpunkt des Rechengitters.

3.2.8 Berechnung von Kosten (ECONOM)

Inhalt und Funktion

Mit dem Modul ECONOM werden die strahleninduzierten gesundheitlichen Schäden in der Bevölkerung sowie der Umfang von Schutz- und Gegenmaßnahmen in volkswirtschaftliche Kosten umgerechnet. Auf diese Weise können verschiedenartige Auswirkungen in gleichen Einheiten angegeben und somit untereinander vergleichbar gemacht werden. Die Modellierung erfolgt dabei in Anlehnung an den entsprechenden Modul im Programmsystem COSYMA /15/.

Bei den gesundheitlichen Schäden werden zwei Kostenkategorien unterschieden:

- Kosten für medizinische Behandlungen,
- volkswirtschaftliche Ausfallkosten.

Die erste Kategorie ist selbsterläuternd. Die zweite Kategorie basiert auf der Annahme, daß jedes Individuum ein wirtschaftliches Produktions-Potential besitzt, das der Gesellschaft im Laufe seines Lebens zur Verfügung gestellt wird. Volkswirtschaftliche Ausfallkosten im Krankheits- oder Todes-Fall sind dann der teilweise oder vollständige Ausfall dieses Produktions-Potentials (Human-Kapital-Methode). Die Berechnung erfolgt so, daß für jeden Krankheits- oder Todes-Fall eine über die Bevölkerung gemittelte Verlustzeit (in Jahren) mit einem jährlichen Einheitskostenwert (in DM pro Fall und Jahr) multipliziert wird.

Bei den Schutz- und Gegenmaßnahmen wird für die Kostenermittlung derzeit nur die Maßnahme "Evakuierung" berücksichtigt. Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Maßnahmen "Aufsuchen von Häusern" und "Verteilung von Jodtabletten" werden als so gering angesehen, daß eine Kostenermittlung nicht sinnvoll erscheint. Falls die Pilotversion RODOS/RESY-PV1 durch längerfristige Schutz- und Gegenmaßnahmen, wie "Umsiedlung" und "Nahrungsmittelverbote", erweitert wird, ist im ECONOM-Modul auch die Umwandlung dieser Maßnahmen in volkswirtschaftliche Kosten möglich.

Bei den Evakuierungsmaßnahmen werden drei Kostenkategorien berücksichtigt:

- Transportkosten,
- Unterbringungskosten,
- Einkommensverluste durch Produktionsausfälle.

Die Transportkosten umfassen alle Aufwendungen, um die betroffene Bevölkerung aus dem Evakuierungsgebiet heraus und wieder zurück zu bringen. Die Unterbringungskosten umfassen alle Aufwendungen, die durch die Unterbringung der betroffenen Bevölkerung außerhalb des Evakuierungsgebietes entstehen. Die Kosten bei beiden Kategorien werden auf der Basis der Anzahl der betroffenen Personen, multipliziert mit entsprechenden Einheitskostenwerten, ermittelt

Einkommenverluste durch Produktionsausfälle entstehen dadurch, daß sämtliche Produktionsanlagen (für Güter und Dienstleistungen) im Evakuierungsgebiet während der Dauer der Evakuierung (Annahme für die Kostenrechnungen: 30 Tage) nicht betrieben werden können. Die Kostenberechnung erfolgt auf der Basis der Anzahl der Beschäftigten in verschiedenen Wirtschaftssektoren im betroffenen Gebiet, multipliziert mit entsprechenden Einheitskostenwerten - in diesem Fall der spezifische Beitrag eines Beschäftigten in einem Wirtschaftssektor zum Brutto-Inlandsprodukt.

Eingabedaten

Als Primär-Informationen zur Erzeugung der Eingabedaten (siehe Abschnitt 3.2.1) sind für den Bereich der (alten) Bundesrepublik Deutschland verfügbar:

- Statistische Daten über die Wohnbevölkerung sowie die Anzahl der Beschäftigten in 18 verschiedenen Wirtschaftssektoren für die Gemeinden der BRD (Basis: Volks- und Arbeitsstättenzählung 1987),
- Polygonzüge über die Grenzen jeder Gemeinde,
- Polygonzüge über die bewohnten Flächen in der BRD.

Zusätzlich stehen Rechenprogramme zur Verfügung, die für einen vorgegebenen Standort aus den oben genannten Primär-Daten für jedes Rasterelement in dem verwendeten Rechengitter die Wohnbevölkerung sowie die Anzahl der Beschäftigten in 18 Wirtschaftssektoren berechnet. Diese Daten sind Input für die Kostenberechnungen. Anmerkung: Für das Bundesland Schleswig-Holstein sind auf Gemeindeebene die Anzahl der Beschäftigten nur für 10 Wirtschaftssektoren verfügbar; für 18 verschiedene Sektoren gibt es Angaben nur für sog. Nahbereiche (mehrere Gemeinden zusammengefaßt). In diesem Fall sind die Kostenrechnungen zu modifizieren.

Weitere Eingabedaten im ECONOM-Modul sind für die jeweiligen Kostenkategorien folgende Angaben:

- Evakuierung

- Einheitskosten in DM pro Person bzw. pro Beschäftigten (und Zeiteinheit),
- Dauer der Abwesenheit
- **Gesundheitliche Schäden**
 - Einheitskosten in DM pro Schadensart (und Zeiteinheit)
 - Dauer der Ausfallzeit pro Schadensart

Außerdem werden für die Kostenrechnungen die Ergebnisse der Module AREAS und HEALTH herangezogen.

Ausgabedaten

Die Ausgabedaten sind die über die Rasterelemente aufaddierten Kosten für jede der oben genannten Kostenkategorien sowie die entsprechenden Summenwerte.

3.2.9 Die Maßnahmen-Konsequenzen Matrix (ACM)

Im Modul ACM werden die zuvor in den Dosis-, Schadens- und Kostenmodulen berechneten Konsequenzdaten aufbereitet und zur Matrix ACM zusammengefaßt. Zu jeder Maßnahmenkombination i , die in der Maßnahmenschleife vorkommt (einschließlich Normalaufenthalt), werden die Komponenten j des zugehörigen Konsequenzvektors in den Matrixelementen ACM (i, j) abgespeichert. In den Komponenten des Konsequenzvektors ist die gesamte Information enthalten, die zur Charakterisierung und schließlich zur Bewertung der Maßnahme und zum Vergleich mit anderen Maßnahmen erforderlich ist.

Die Komponenten des Konsequenzvektors sind:

- Flächen von Gebieten mit Maßnahmen (Sheltering, Evakuierung, Verteilung von Jodtabletten);
- Dauer von Maßnahmen;
- Anzahlen von Personen in diesen Gebieten;
- Anzahlen von Personen mit (vermiedenen) Organdosen in bestimmten Dosisbereichen (die gesamte Dosiskala wird in Intervalle eingeteilt);
- Anzahlen von Personen mit verschiedenen gesundheitlichen Schäden;
- Kosten (aufgeschlüsselt);
- zur Durchführung der Maßnahmen notwendige Ressourcen.

Eingabedaten

Die Ausgabedatenfelder der Dosismodule und der Module ACTIONS, AREAS, HEALTH und ECONOM.

Ausgabedaten von ACM

Die Elemente ACM (i, j) der Maßnahmen-Konsequenzen Matrix.

3.3 Teilsystem ESY

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Kaiserslautern, wurde als Ergebnis-, Bewertungs- und Auswahlssystem das Expertensystem XESY entwickelt. Es dient zur Beurteilung und Auswahl alternativer Kombinationen von Notfallschutzmaßnahmen, die vom Maßnahmen-Teilsystem (CSY) zur Verfügung gestellt werden.

Unter Ausnutzung von Regeln, Wichtungsfaktoren und Präferenzfunktionen, die die Schadensminderung und die Aufwandszahlen untereinander in Beziehung setzen und Aspekte der Durchführbarkeit mit einbeziehen, kann eine Rangreihenfolge der Maßnahmenkombinationen erstellt werden. Die Struktur des Expertensystems ist in Abb. 6 angegeben. Die Aufgaben der Einzelkomponenten sind im folgenden beschrieben:

- | | |
|----------------------|---|
| Working Memory (WM): | Speichert Daten, die XESY von anderen Modulen zur Verfügung gestellt werden. |
| WM Control: | Verwaltet die Daten des Working Memory, registriert das Eintreffen neuer Daten. |
| Regeleditor: | Fenster zum Eingeben, Ändern und Löschen von Regeln in einer festgelegten Syntax. |
| Regelparser: | Überprüft die syntaktische Korrektheit von Regeln. |
| Konsistenzchecker: | Überprüft neue bzw. geänderte Regeln auf Widerspruchsfreiheit zu bereits vorhandenen Regeln. |
| Regelmengen: | Verwaltung der Regeln in hierarchisch angeordneten Regelmengen. Ermöglicht eine zielgerichtete Auswertung von Regeln. |

- Abhängigkeitsstruktur:** Verwaltet Abhängigkeiten zwischen Regeln und Daten des WM. Dient der Effizienzsteigerung der Beurteilung von Maßnahmenkombinationen mit nur wenigen veränderten Parametern (Maßnahmenvariation).
- Regelinterpretier:** Inferenzmechanismus des Expertensystems, der zu vereinbarten Zeitpunkten unterbrochen und mit neuen Daten des WM in einem definierten Zustand wieder gestartet werden kann.
- Erklärungskomponente:** Modul zur Erläuterung der Vorgehensweise des Expertensystems. Die Erklärung des Lösungsweges verbessert die Akzeptanz und die endgültige Entscheidung des Benutzers für eine Maßnahmenkombination.

Die entsprechenden Ergebnisse werden über die Maßnahmen-Konsequenzen Matrix (ACM) zur Verfügung gestellt.

Zur Ableitung der Regelinhalte und Wertungen wurden Expertenbefragungen von Beratern und Entscheidungsträgern der für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden durchgeführt. Sie basierten auf Unfallszenarien, für die mit dem Programmsystem COSYMA Unfallfolgenrechnungen durchgeführt wurden. Bei der Entwicklung der hierarchischen Entscheidungsstrukturen waren die methodischen Ansätze des Projekts RADE-AID /13/ von großer Hilfe. Im Rahmen dieses CEC-Projekts werden in Zusammenarbeit mit TNO (NL) und NRPB (UK) mathematische Methoden der Entscheidungsfindung ("multi-attribute-decision analysis") auf ihre Eignung beim Einsatz in Echtzeit-Systemen und der Notfallschutzplanung insbesondere zur Ableitung von Eingreifwerten untersucht.

Die Arbeiten am Expertensystem XESY wurden Ende 1991 zunächst eingestellt, da eine sinnvolle Weiterentwicklung erst nach Fertigstellung der Inhalte von ASY und CSY möglich ist. XESY liegt derzeit als "stand-alone"-Version vor, seine Integration schon in RODOS/RESY-PV1 scheint derzeit eher unwahrscheinlich.

Allerdings wird im Rahmen des RODOS-Projekts von dem Vertragspartner University of Leeds (UK) ein Bewertungsmodul für ESY entwickelt, der auf entscheidungstheoretischen Grundlagen basiert, wie sie zum Teil auch in XESY berück-

sichtigt wurden. Es ist vorgesehen, diesen Modul Anfang 1994 in RODOS/RESY zu integrieren und bei Expertenbefragungen einzusetzen.

4. Die Systemfunktionen von RODOS/RESY-PV1

4.1 Meßdatenerfassung und -verarbeitung

Radiologische und meteorologische Meßdaten sowie prognostizierte meteorologische Felder werden von verschiedenen Institutionen (z.B. Kernkraftwerksbetreiber, DWD, Bundes- und Länderbehörden) ermittelt, aufbereitet, verwaltet und eventuell an andere Institutionen weitergeleitet. Viele dieser Institutionen sind über das bundesweite Informationsnetz von IMIS oder über die länderspezifischen KFÜs miteinander verbunden. Durch Anbindung von RODOS bzw. RODOS/RESY an diese Informationsnetze mittels geeigneter Datenübertragungseinrichtungen wird es möglich, Echtzeit-Daten zu empfangen, aufzubereiten und bei den Modellrechnungen zu berücksichtigen.

Die Meßdatenverarbeitung umfaßt folgende Teilaufgaben (Abb. 7):

Meßdatenerfassungs-Modul

Die Meßdaten werden über Netzwerk periodisch erfaßt und als Rohmeßwerte gespeichert.

Ausnahmebehandlungs-Modul

Aufgrund festgelegter Kriterien, die die Sonderbehandlung einiger signifikanter Meßdaten beschreiben, werden bestimmte Systemevents erzeugt und ausgelöst. Durch das Auslösen eines Systemevents wird der Systemcontroller veranlaßt, eine bestimmte Aktion auszuführen. Aufgrund dieser Aktionen werden Systemabläufe modifiziert.

Daten-Analyse-Modul

Dieser Modul enthält eine Reihe von Funktionen, wie z.B. Schwellenwertprüfung, Statistik, mathematische Operationen, Schlußfolgerungsmethoden, vordefinierte Vergleichstabellen.

Daten-Aufbereitungs-Modul

Der Daten-Aufbereitungs-Modul transformiert die Meßdaten in die OSY-Datenstrukturen und speichert sie in der Datenbank ab.

Das Konzept der Datenübertragung zwischen RODOS/RESY und KFÜ-Systemen wird im folgenden beispielhaft an der Verbindung zwischen LfU Karlsruhe und KfK/INR beschrieben. Zielsetzung der Datenverbindung ist die automatische

Übertragung eines Teiles der KFÜ-Meßdaten des Kernkraftwerks Philippsburg über Netzwerk in das RODOS/RESY-System.

Die Abb. 8 zeigt einen Ausschnitt des Netzwerks mit den angeschlossenen Rechnersystemen.

Der Datentransfer erfolgt mit Hilfe des elektronischen Postzustellungsdienstes. Für die Postdienste benutzen die VAX-Anlagen die PSI-ACCESS Software für DATEX-P und die UNIX-Anlagen das Mailsystem SMTP für TCP/IP.

Um die Meßdaten zu übertragen, wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Sender: DECNET-Knoten (LfU-Karlsruhe)
- Einrichten eines Benutzers.
 - Einrichten eines Verzeichnisses für die Meßdaten-Dateien.
 - Generieren eines Systemprogramms, das alle 10 Minuten die festgelegten Meßwerte sammelt und in eine Meßdatei abspeichert.
 - Generieren eines Systemprogramms, das alle 10 Minuten die aktuelle Meßdatei mit Hilfe der Mailsoftware des Rechners an die festgesetzte Adresse sendet.
- Empfänger: DECNET-Knoten/UNIX-Knoten (KfK/INR-RODOS/RESY)
- Einrichten eines Benutzers auf HDIVAX.
 - Weiterleiten der Nachricht nach der Protokollumsetzung an die festgesetzte Adresse.
 - Einrichten eines Benutzers auf UNIX-Knoten.
 - Einrichten eines Verzeichnisses für die Meßdaten-Datei.

Die Verbindung zwischen LfU-Karlsruhe und KfK/INR ist bereits mit Erfolg getestet worden.

4.2 Interaktiver und automatischer Betrieb

Die Ausführung einer Applikation innerhalb des RODOS-Systems erfordert im wesentlichen die folgenden Einzelschritte:

1. Bereitstellung der notwendigen Eingabedaten.
2. Ausführung des Programms.
3. Visualisierung der Ergebnisse.

Abhängig vom Systemprogramm umfaßt der erste Punkt die Bereitstellung

- der Daten zur Verarbeitung in den Programmen, die die Algorithmen der Rechenmodelle zur Beschreibung der radiologischen Vorgänge realisieren (ASY);
- der festgelegten Maßnahmenarten, Maßnahmenkriterien und Einflußfaktoren zur Verarbeitung in den Programmen, die die Algorithmen zur Simulation und Analyse von Schutz- und Gegenmaßnahmen realisieren (CSY);
- der festgelegten Fakten, Regeln, Bewertungskriterien, Wichtungen und Präferenzen zur Verarbeitung in den Programmen, die die Algorithmen der Methoden zur Entscheidungsfindung und Sensitivitätsanalyse realisieren (ESY).

Diese Abläufe werden parallel unterstützt durch folgende Arbeiten:

- Aufbereitung und Erzeugung der Benutzerschnittstellenobjekte für die entsprechenden Programme (Windows, Menüs).
- Aufbereitung und Erzeugung der numerischen bzw. grafischen Darstellungen von Ergebnissen aus den entsprechenden Programmen.
- Abfangen von und Reagieren auf Ausnahmesituationen, die durch eine Unterbrechung von einem Benutzer über die Bedienoberfläche (z.B. durch Betätigen der Menütaste: System anhalten) oder durch ein Ereignis von Meßdatenverarbeitungskomponenten über den Nachrichtentransfer im System (z.B. die Meßwertüberschreitung einer Meßgröße) oder durch eine Meldung von Meldestellen über ein Verbindungsmedium (z.B. Verkehrsstaumeldungen in einem Evakuierungsgebiet) ausgelöst werden können.

Im interaktiven Betrieb findet die Kommunikation zwischen Systembenutzer und RODOS über eine Menü-Oberfläche statt. Es lassen sich spezielle Aufgabenstellungen zur Beantwortung durch das System formulieren, Eingabe- und Parameterwerte ändern und die Ergebnisauswahl und -darstellung variieren. Vom System werden die Informationen aus verschiedenen Ressourcen mit Hilfe von Verarbeitungseinheiten (Rechenprogrammen) erfaßt, geprüft, transformiert, selektiert, und auf der Bildschirmoberfläche dargestellt. Diese Betriebsart ist rein dialogorientiert und setzt Kenntnisse sowohl über den Umgang mit den Softwaremodulen als auch über die Sachinhalte der einzelnen Komponenten im RODOS-System voraus. Der Ablauf einer Sitzung im interaktiven Betrieb benötigt viel Zeit und eignet sich mehr zu Berechnungen und zur Analyse der Ergebnisse und Daten in der Mittel- und Spätphase einer Notfallsituation.

Im Gegensatz dazu sind in der Frühphase eines kerntechnische Unfalls die relevanten Informationen schnell und zeitkoordiniert zu beschaffen und zu bewerten, um die notwendigen Entscheidungen treffen zu können.

Zu diesem Zweck ist im RODOS-System die automatische Betriebsart implementiert. Sie ist gekennzeichnet durch die zyklische Ausführung einer Menge von Programmen, deren Steuerungsablauf durch eine Abarbeitungslogik vorher festgelegt ist. Die Abarbeitungsreihenfolge kann von einem berechtigten Benutzer durch die Bedienoberfläche modifiziert werden (Anfragen, Anhalten, Ersetzen, Fortsetzen). Die zyklische Verarbeitung erfolgt analog zu den Echtzeitsystemen des KFÜ, die quasikontinuierlich (zeitdiskret) den Betriebs- und Umgebungszustand der Anlagen überwachen.

Der automatische Betrieb umfaßt folgende Verarbeitungsschritte, die selbsttätig ausgeführt werden:

1. Aufstellung einer Konfigurationsliste der beteiligten Rechenprogramme.
2. Erfassung und Aufbereitung der Meßdaten, Anwendung der vordefinierten Prüfkriterien an Meßdaten sowie Bereitstellung aller notwendigen vordefinierten Eingabedaten.
3. Ausführung der Programme.
4. Aufbereitung der Ergebnisdaten aus diesen Programmen.
5. Anzeigen einer Teilmenge dieser Ergebnisdaten (der Rest der Daten wird im Hintergrund gehalten und kann auf Anforderung angezeigt werden).
6. Wiederholen der beschriebenen Arbeitsschritte in festgelegten Zeitintervallen.

5. Das Betriebsabwicklungssystem OSY von RODOS/RESY-PV1

5.1 Software-Struktur

Entsprechend dem in Kap. 2.3 beschriebenen und in Abb. 1 skizzierten grundlegenden Aufbau von RODOS sind in der Software-Struktur drei Hauptkomponenten zu unterscheiden:

- (1) das modular aufgebaute Betriebsabwicklungssystem OSY,
- (2) die Module der Teilsysteme ASY, CSY und ESY(im folgenden auch "externe Rechenprogramme" genannt),
- (3) die Real-Time Datensammlung und -verarbeitung.

Auf die Punkte (2) und (3) wurde in den Kapiteln 3 und 4 eingegangen.

Das auf die geforderten Funktionalitäten von RODOS/RESY zugeschnittene Betriebsabwicklungssystem OSY /K3/ übernimmt die gesamte Steuerung von automatischem und interaktivem Modus, die Verknüpfung von Teilmodulen, das Datenmanagement im Gesamtsystem und die graphische Ergebnisaufbereitung. Insbesondere erlaubt es die Integration externer Rechenprogramme der Teilsysteme ASY, CSY und ESY und die Rückführung von vom Benutzer modifizierten grafisch dargestellten Ergebnissen (z.B. Gebietsbegrenzungen für Katastrophenschutzmaßnahmen) in das System. Alle relevanten Zwischen- und Endergebnisse können Kartenausschnitten der Standortumgebungen überlagert werden. Hierzu stehen Datensätze mit Siedlungsstrukturen, Flächennutzung, Verkehrswegen, geographischen Namen und Bevölkerungsverteilungen flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland zur Verfügung (siehe auch Kap. 5.4.2).

Im einzelnen werden von OSY hauptsächlich folgende Arbeiten erledigt:

- Die Verwaltung der Ressourcen (z.B. Benutzeroberfläche, Speicher, Zeit, Datenbank, Tabellen etc.)
- Die Ablaufsteuerung der Programme (z.B. die Steuerung der Ausführung der Programm-Module aus ASY, CSY und ESY, oder OSY-eigener Programm-Module).
- Die Übermittlung der Information, die den Informationsaustausch zwischen sowie die Koordinierung von Programmen ermöglicht.
- Der Transfer der Daten (z.B. zwischen Speichersegmenten oder aus dem Speicher zur Datenbank).

- Die Erfassung und Aufbereitung von Echtzeit-Daten (z.B. Meßdaten des KFÜ, Prognosedaten des DWD).
- Die Behandlung von Ereignissen (z.B. eingehende Meldungen der Meßstationen).

Bei der Entwicklung und Implementierung werden zwei grundsätzliche Aspekte berücksichtigt:

- Einsatz von Standard-Softwareprodukten, wie z.B. das UNIX-Betriebssystem und das X-Window-System, um eine Portierbarkeit der OSY-Anwendungssoftware auf Quellcodeebene zu ermöglichen;
- Verteilen der Programme in einem Rechnernetz, um die Rechenleistung zu erhöhen (kurze Antwortzeit).

Ein wesentlicher Gesichtspunkt beim Entwurf des OSY-Systems ist die Einbindung von externen Programmen in einer einheitlichen Umgebung. Dabei sind folgende Anforderungen organisatorisch zu berücksichtigen und operationell zu gewährleisten:

- Ausführung der Programme,
- Visualisierung der Ergebnisse,
- Informationsaustausch zwischen den Programm-Modulen.
- Bereitstellung und Sicherung von Daten,
- Zugriff auf die Benutzeroberfläche,
- Ersetzen, Hinzufügen und Entfernen von Programm-Modulen,
- Verfügbarkeit von globalen Informationen.

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen eine Übersicht über die Softwarestruktur des OSY-Systems. Es besteht aus folgenden Komponenten:

Kommunikationsmanagement	dient zum Informationsaustausch zwischen den Programmen.
Dialogsystem	verwaltet die interaktive Benutzeroberfläche; steuert und überwacht die Aktivitäten in RODOS/RESY.
Datenmanager und Filemanager	behandeln die logische und physikalische Organisation des Datentransfers und der Datenverwaltung.

Editor	stellt eine Schnittstelle zum Benutzer dar, die zur Definition und Modifizierung der Daten und Parameter eingesetzt wird.
Grafikmanager	dient zur Darstellung, Visualisierung und Manipulation der Ergebnisse am Grafikschild.

Die oben beschriebenen Subsysteme sind als eigenständige Programme oder Programm-Module implementiert. Sie werden im folgenden auch als Tasks oder als Prozesse bezeichnet.

Für den Austausch großer Datenmengen wird der Gemeinschaftsspeicher (shared memory) eingesetzt. Ein Gemeinschaftsspeicher ist ein Speichersegment, auf das mehrere Programme zugreifen können.

5.1.1 Kommunikations-Management

Der Softwareentwurf basiert auf der Kommunikation und Kooperation einer Menge von autonomen Programmeinheiten, die unterschiedliche Dienste bereitstellen sollen.

Die OSY-Programme bilden zusammen mit den externen Programmen eine Gesamtheit von kooperierenden Prozessen, die gemeinsam die zur Systemzielsetzung benötigten Operationen durchführen. Aus der Sicht des Client-Server-Modells (das Standardmodell für Netzanwendungen), bietet ein Prozeß Dienste an (Server-Prozeß), die von anderen Prozessen in Anspruch genommen werden (Client-Prozeß).

Die Prozesse kommunizieren mit anderen Prozessen über den Message Server durch den Austausch von Nachrichten. Der Message Server hat die Aufgabe die Verbindungen eines Kommunikationskanals über ein lokales Netz mit dem jeweiligen Prozeß herzustellen, von diesem Nachrichten zu empfangen und Nachrichten zu senden. Mit anderen Worten fungiert der Message Server als zentraler Vermittler aller Nachrichten für die beteiligten Prozesse im System.

Der Typ, die Struktur und die Bedeutung einer Nachricht ist bezüglich der Kommunikation und Dienstleistungen im RODOS-System definiert und einheitlich aufgebaut. Demnach haben alle Prozesse, die irgendwelche Dienste anbieten, einen einheitlichen Programmaufbau. Jedes Programm besteht aus einem Kommunikations-, Kontrollfluß- und lokalen Dienst-Segment (siehe Abb. 11).

Das Kommunikationssegment benutzt das OSY-Message Protokoll und spezifiziert die gesamte Kommunikation über die Funktionen, die der Message Server bereitstellt. D.h. die Dienste von anderen Prozessen können dann in Anspruch genommen werden, wenn sie in einer Nachricht genau spezifiziert und die Nachricht an den Message Server verschickt wird.

In dem Kontrollflußsegment wird festgelegt, zu welchem Zeitpunkt welche Nachricht an welchen Prozeß geschickt wird oder von welchem Prozeß empfangen wird, d.h. die Reihenfolge der Abarbeitung wird durch Kontrollstrukturen gesteuert.

In dem lokalen Dienst-Segment werden eine Menge von auszuführenden Funktionen (Dienste) definiert. Diese Funktionen können nur vom Kontrollsegment aufgerufen werden.

Im weiteren werden das Kommunikationssegment und Kontrollflußsegment zusammen als Message Interface bezeichnet.

Dialogsystem

Das Dialogsystem verwaltet die Benutzeroberfläche, kontrolliert die Subsysteme und steuert den gesamten Ablauf im RODOS/RESY-System. Es besteht operationell aus Resource Manager, System Controller und Grafiksystem (siehe Abschnitt 5.2).

Der Resource Manager unterstützt folgende Funktionen:

- Bereitstellen der grafischen Benutzeroberfläche,
- Anzeigen der Standardinformationen, wie z.B. Systemzeit, Zykluszeit, Prozesszustände, Ereignisse, etc.,
- Zugriff auf Programmschnittstellen, wie z.B. Start, Stop, Hold, Grafik, etc.,
- Aktivieren der Transferoperationen, wie z.B. Editoren, Datentransferlisten, Ergebnisdarstellungen, etc..

Der System Controller erledigt folgende Aufgaben:

- Mehrmalige (zyklische) oder einmalige Ablaufsteuerung der Programmgruppen,
- Speicherzugriffs-Verwaltung für Programmgruppen und Programme,
- Initialisierung der OSY-Umgebung,
- Funktionskontrolle der OSY-Prozesse,

- Funktionskontrolle der aktiven Programmgruppen,
- Koordinierung der Tasks,
- Vergabe eines Schlüssels für die Speichersegmente an die Tasks,
- Behandlung aller globalen Ereignisse.

Data Manager und File Manager

Data Manager und File Manager dienen dem logischen und physikalischen Datentransfer zwischen allen RODOS/RESY-Prozessen. Sie kooperieren eng miteinander. Der Datentransfer umfaßt folgende Funktionen:

- Archivierung der Daten aus Speichersegmenten in die Datenbank,
- Laden der Daten von der Datenbank in ein Speichersegment,
- Kopieren der Daten zwischen Speichersegmenten.

Der Data Manager analysiert die ankommende Nachricht, wählt dann die geeignete Record-Struktur aus den Datenbasis-Tabellen aus, ermittelt die Speicher-Adresse und übergibt die Informationen weiter an den File Manager.

Der File Manager - als Schnittstelle zur Datenbank - führt folgende Aufgaben durch:

- Verwaltung der gespeicherten Daten in der Datenbank,
- Ausführung der Zugriffsoperationen zur Datenbank,
- Ausführung der Auswahloperationen aus der Datenbank.

Editor

Der Editor bietet eine Window-orientierte Benutzeroberfläche, die den Benutzer bei der Definition und Beschreibung von Ein- und Ausgabedaten unterstützt.

Die Benutzerschnittstelle ist entsprechend der Verwendung der unterschiedlichen OSY-Datenstrukturen mit verschiedenen Menü- und Editier-Bereichen ausgerüstet, so daß sie funktionsorientiert einfach bedient werden kann.

5.1.2 Integration eines externen Programms

Jedes Programm benötigt eine Nachrichten-Schnittstelle, um OSY-Dienste anfordern zu können. Die Nachrichten-Schnittstelle besteht aus folgenden Funktionen:

- Receive-Message, welche auf das Ereignis "Eintreffen einer Nachricht" wartet, die Nachricht registriert und sie an die entsprechende Service Behandlung übergibt.
- Service-Message, welche eine bestimmte Aktion für jene Nachricht ausführt.
- Send-Message, welche eine Bestätigung-Meldung oder eine Anfrage-Meldung sendet.

Die Nachrichten werden während der Ausführung eines externen Programmes zu bestimmten Zeitpunkten (vor jeder Funktion) gesendet. Der Message Server empfängt die Nachricht und leitet sie an die betreffenden Prozesse weiter, die dann ihrerseits eine bestimmte Aktion ausführen (siehe Abb. 12). Das Funktionsverhalten eines externen Programmes sollte somit wie folgt organisiert werden:

- Aufteilung des Programms in ein Hauptprogramm und mehrere Module.
- Definition der Parameter durch OSY-Editoren.
- Deklaration der Daten in COMMON-Blöcken oder in C-Strukturen.
- Festlegung der möglichen zeitlichen Reihenfolgen der zum Einsatz kommenden Funktionen (Ablaufstrukturen).

Die OSY-Entwickler bauen auf der Basis der bereitgestellten Ablaufstruktur eine passende Schnittstelle zum OSY-System auf. Nach dem Kompilieren und Binden kann die Applikation zur Ausführung gebracht werden. Ein- und Ausgabe der externen Programme wird ausschließlich von OSY gesteuert.

5.2 Grafiksystem

Das grafische Subsystem von RODOS ist Teil des Betriebsabwicklungssystems OSY. Es ist in das Hauptfenster der Benutzeroberfläche "Dialog" integriert und hat im wesentlichen folgende Aufgaben:

- Darstellung von geographischen Daten (Landkarten, Bevölkerungsverteilungen).
- Präsentation der Ergebnisse der externen Programmodule von RODOS .
- Eingabe und Modifikation von grafisch dargestellten Ergebnisdaten und deren Rückführung in das System (z.B. Veränderung von Evakuierungsgebieten).

Das Grafiksystem setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

Graphics Server: Verwaltung der grafischen Objekte.

Graphics Interface: Benutzeroberfläche, Zeichenfunktionen.

Graphics Manager: Schnittstelle zwischen den Grafikmodulen und der Datenbank von RODOS. Konversion externer Daten.

Bei der Konzeption des grafischen Subsystems wurde auf einen modularen Aufbau der einzelnen Komponenten geachtet. Dies erlaubt, ausgehend von einer Basisversion (Graphics Server und Graphics Interface) mit den grundlegenden Grafikfunktionen (Verwaltung der grafischen Objekte, Zoomen und Scrollen des Bildausschnitts), anwenderorientierte Grafikprogramme zu erstellen.

5.2.1 Grafikfunktionen

Die Anforderungen an das Grafiksystem werden durch eine objektorientierten Aufbau der Grafik realisiert.

Ein Bild wird als eine Ansammlung von Ebenen (Layers) betrachtet, die sich aus grafischen Objekten zusammensetzen. Zu den Landkarten mit den Ebenen Topographie, Gebäude, Verkehrswege und Namen kommen Ebenen mit den Daten der externen Programmmodule (siehe Abb. 3). Durch gezielte An- bzw. Abwahl von Ebenen kann die angezeigte Informationsmenge vom Anwender kontrolliert werden.

Die grafischen Objekte enthalten neben den notwendigen Daten für die Anzeige (Form, Farbe) zusätzliche Informationen, welche vom Benutzer definiert werden (Breite von Straßen, Werte von Isodosislinien). Durch Anwahl eines Objekts können dann diese Informationen jederzeit angezeigt werden. Neben den einfachen grafischen Objekten (Punkt, Linie, Fläche, ...) sind Datenstrukturen für Histogramme, Funktionen und Felder definiert.

5.2.2 Schnittstelle zu den externen Programmen

Die grafischen Daten, welche von den externen Programmen zur Anzeige vorgesehen sind, müssen vom Grafiksystem in interne grafische Objekte konvertiert werden. Konvertierungsroutinen zur Umwandlung von Dosisfeldern in Isodosislinien und umgekehrt sind Teil des Grafiksystems.

Die Grafik enthält ein Modul zur Eingabe von neuen grafischen Objekten. Damit ist es möglich, die externen Programme mit grafischen Daten zu versorgen, welche für die Berechnungen benötigt werden (z.B. Simulation der Evakuierung in modifizierten Evakuierungsgebieten).

Sowohl alle Daten, die für die Anzeige vorgesehen sind als auch die vom Benutzer eingegebenen grafischen Daten werden über die Datenbank geleitet. Dies er-

laubt eine von den externen Programmen unabhängige Verarbeitung der Daten in dem Grafiksystem.

5.3 Datenorganisation

Die Daten stellen das gesamte Informationsangebot des RODOS-Systems dar; sie legen die Schnittstelle zwischen den Applikationen und den Benutzern einerseits sowie der Datenverwaltung andererseits fest. Die Art und die Menge der Daten, die im RODOS-System verwendet werden, sind sehr vielfältig.

Die typenmäßigen Unterschiede betreffen z.B. die geographischen Daten, die radiologischen Daten, Meldungen, Normdaten, Kataloglisten, Statistiken, Algorithmen, Expertendaten (Fakten, Regeln, Präferenzen). Die Daten entstammen unterschiedlichen Datenbanken mit verschiedenen Datenstrukturen und Datenformaten.

Andererseits basiert das RODOS-Entwicklungskonzept auf der Erstellung und dem Einsatz von Prototypen, die schrittweise neue Funktionen oder Anwendungen einbeziehen. Daher ist es nicht möglich, eine umfassende Datenbank für alle Applikationen und alle datenspezifischen Aspekte zu realisieren.

5.3.1 Datenbankkonzept

Das Datenbankkonzept ist dennoch bestrebt, den Softwarerahmen so flexibel zu gestalten, daß die jetzigen und zukünftigen Anforderungen der Datenintegration erfüllt werden können. Für die Datenhaltung und -verteilung wird das verteilte Datenbanksystem INGRES eingesetzt. Es ermöglicht die dezentrale Datenverwaltung zur parallelen Ausführung mehrerer Anwendungsoperationen.

Einige Vorteile, die den Einsatz eines verteilten Datenbanksystems rechtfertigen, werden im folgenden aufgezählt:

- Es erhöht die Leistungsfähigkeit des Systems (Parallelbetrieb).
- Es erlaubt den gleichzeitigen Zugriff auf Daten.
- Es erlaubt die zukünftigen Anforderungen an das RODOS-System leichter zu realisieren.
- Es erlaubt die Erweiterung und Ankopplung neuer Datenbanken über ein Kommunikationsnetzwerk.
- Es erlaubt neue Datentypen zu spezifizieren.

Zusätzlich wird ein Datenschnittstellenprogramm zur Steigerung der Flexibilität und Effizienz der Datenverfügbarkeit entwickelt, welches folgende Leistungen erbringt:

- Transformation der unterschiedlichen Datenformate in das OSY-Datenformat und
- Bearbeitung von Abfragestrukturen mit Hilfe der Embedded SQL-Schnittstelle.

5.3.2 Dateneinteilung

Unter den Gesichtspunkten der Verwaltung der vorhandenen Datenbestände, der Datenakquisition und Datenverwendung werden die Daten in vier Kategorien unterteilt:

- wissensbasierte Daten;
- Echtzeitdaten;
- globale Daten;
- geographische Daten (siehe Abschnitt 5.4.2)

Die wissensbasierten Daten

Die wissensbasierten Daten dienen zur Ausführung von Operationen der objektorientierten Applikationen, die die rechnergestützten Entscheidungsprozesse im RODOS-System unterstützen. Diese Daten betreffen im wesentlichen die Regeln, Präferenzen, Fakten, Kriterien und die nicht konventionellen Datenobjekte. Das Datenkonzept zur Organisation und Verwaltung dieser Daten wird in RODOS/RESY-PV1 zum Teil realisiert sein.

Die Echtzeitdaten

Die Echtzeitdaten sind die Daten, deren Informationsgehalt den signifikanten Zustand einer Situation beschreiben, auf die entsprechend reagiert werden muß. Die Echtzeitdaten umfassen die Meßdaten, die mit Hilfe der Meßgeräte ermittelt werden, und die Reaktionsdaten, die innerhalb kurzer Zeit bearbeitet werden müssen. Die Meßdaten sind z.B. die Meßwerte aus den Meßstellen in der Umgebung einer Anlage, die den radiologischen Zustand charakterisieren. Reaktionsdaten sind Meldungen, wie z.B. die Alarmmeldungen oder Meldungen über den Zustand der Maßnahmenausführungsphase. Ein Datenkonzept zu diesen Daten wird in RODOS/RESY-PV1 realisiert sein.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem BFS ist beabsichtigt, zur Vereinheitlichung der Datenstrukturen und Datenformate das Datenkonzept von IMIS als Basis zu übernehmen.

Die globalen Daten

Die globalen Daten bezeichnen die Daten eines externen Programmes, die sowohl intern verarbeitet und außerhalb des Programms verwendet werden (z.B. zur Übergabe an ein anderes externes Programm, zur Darstellung und Visualisierung, zur Abspeicherung der Daten in die OSY-Datenbank), als auch extern aufbereitet und innerhalb des Programms verwendet werden (z. B. zur Übernahme der Daten von einem anderen externen Programm, zur Beeinflussung des Programmablaufs von außen). Ein externes Programm kann die OSY-Dienste für die in dem Programm definierten Daten in Anspruch nehmen, wenn sie gleichzeitig durch OSY-Hilfsmittel definiert und zugeordnet werden. Danach sind diese Daten außerhalb des Programms im System bekannt und werden als globale Daten bezeichnet.

Das OSY-System stellt eine Arbeitsumgebung bereit, die die Kommunikation zwischen den Programmen sowie die Versorgung der Programme mit globalen Daten verwaltet und durchführt.

Aus dem Konzept der Programmarchitektur (Abschnitt 5.1.1) folgt, daß es neben den Nachrichten die lokalen Datenobjekte gibt, die von Funktionseinheiten eines Programms verarbeitet werden. Die lokalen Daten oder Teile der lokalen Daten eines Programmes werden als globale Daten charakterisiert, wenn die Versorgung der Programme durch das OSY-System stattfindet. Die globalen Daten werden in Datenblöcken, die aus einer Menge von angeordneten Datenobjekten bestehen, organisiert. Diese Speicherungsanordnung spiegelt die Definitionsstruktur der globalen Daten und somit die lokale Datendefinition in einem Programm wieder.

Zum Transfer der Daten für den jeweiligen Teilmodul eines Programms wird ein logisches Speicherabbild in der Datenbasis von OSY konstruiert, das eine eindeutige Zugriffsstruktur des Arbeitsspeichers des zugehörigen Programms darstellt.

Die Versorgung von Programmen mit globalen Daten erfordert die Erfüllung folgender Aufgaben:

- Modellierung der Datenstrukturen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit im RODOS-System.

- Modellierung der Datenstrukturen hinsichtlich der Datenverwendung im RODOS-System.

5.3.3 Datenmodell für globale Daten

Das Datenmodell ist zugeschnitten auf die Durchführung der OSY-Dienste; somit ist 'die Versorgung der Programme mit globalen Daten' zugleich der Ausgangspunkt zur Spezifikation der Daten.

Die Objekte, Eigenschaften und Attribute sind aus diesem Sachverhalt extrahiert und in Beziehung gesetzt. Die Abb. 13 zeigt schematisch das Modell der globalen Daten.

5.4 Geographisches Informationssystem

5.4.1 Überblick

Ergänzend zu RODOS wurde das geographische Informationssystem RoGIS zur Speicherung von geographischen, statistischen und Umgebungs-Daten entwickelt /R1/. RoGIS ist unabhängig von RODOS, so daß alle notwendigen Arbeiten zur Datenpflege in RoGIS ohne das RODOS System abgewickelt werden können. Die Daten des geographischen Informationssystems RoGIS sind den externen Programmen durch ein Interface zugänglich, welches Teil des Betriebsabwicklungssystems OSY ist.

Der objektorientierte Aufbau von RoGIS erlaubt die Speicherung einer Vielzahl von unterschiedlichen Datenstrukturen in der Datenbank, ohne daß die Kernstruktur von RoGIS modifiziert werden muß. Alle Objekte, die in der Datenbank gespeichert sind, sind einer Klasse (z.B. Stadt, Land) zugeordnet. Die Zugehörigkeit des Objekts zu einer bestimmten Klasse definiert dessen Attribute (z.B. Einwohnerzahl, Fläche). Jedem Attribut ist ein Wert zugeordnet.

Sowohl die Klassen als auch die Objekte sind in einer hierarchischen Struktur angeordnet, was einen schnellen Zugriff auf bestimmte Informationen erlaubt.

Das RoGIS System besteht aus den folgenden Teilsystemen, von denen die ersten drei Stand-Alone Programme sind.

Class Editor: Eingabe der Klassenhierarchie und der Attribute.

Object Editor: Eingabe und Modifikation der Objekte.

Object Loader: Laden von Datensätzen aus externen Quellen.

Interface: Spezielle Routinen zur Nutzung von Datenbankdiensten (Abfrage, Speicherung).

5.4.2 Geographische Daten

Die DFAD (Digital Feature Analysis Data) Datenbasis der Defense Mapping Agency des amerikanischen Verteidigungsministeriums bildet die Grundlage der geographischen Datenbasis /16/. In dieser Datenbasis sind alle geographisch relevanten Objekte (Waldgebiete, Flüsse, bewohnte Gebiete, Industrieanlagen) gespeichert. Neben den grafischen Informationen zu den Objekten in vektorieller Form mit einer Auflösung von 30m sind zusätzliche Informationen (Materialien, nähere Beschreibung und Ausdehnung der Objekte) vorhanden.

Die Verkehrswege, welche in der vorhandenen DFAD Datenbasis fehlen, wurden von Datensätzen der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie übernommen. Aus der Datei geographischer Namen vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main, wurden statistische Daten entnommen /17/.

Ausgehend von den Informationen über die Gebäudestruktur in der DFAD Datenbasis konnten Datensätze mit den Abschirmfaktoren der Häuser in der Umgebung von Kernkraftwerken berechnet werden. Weiter konnten die bisher nur auf das ganze Gemeindegebiet bezogenen Bevölkerungsverteilungen auf die bewohnten Flächen zurückgerechnet werden.

6. Die Betriebsumgebung von RODOS/RESY-PV1

6.1 Software

Als Datenbank-Management-System ist INGRES implementiert. Als Grafiktools werden verwendet Starbase, GKS, DGL, AGP, weitere Softwaretools sind PHIGS und PHIGSEM. Die Datenstrukturen und Algorithmen der OSY-Module wurden in der Programmiersprache C entwickelt.

Die fertig codierten und getesteten Module wurden hinsichtlich der Anforderungen der PV1-Spezifikation in einem Programmpaket integriert.

Die unterstützende Software-Umgebung für diesen Prototypen umfaßt die Standards wie: UNIX, X-Window System, OSF-Motif, TCP/IP und Berkeley Sockets (Berkeley UNIX-Netzsysteme).

6.2 Hardware

Die Entwicklung von RODOS/RESY erfolgte auf Workstations der Fa. Hewlett Packard, Typen 9000/835s, 9000/720 und 9000/755 (siehe Abb. 14). Für den operationellen Betrieb von RODOS/RESY-PV1 wird eine Hardware-Konfiguration entsprechend Abb. 15 empfohlen.

7. Über RODOS/RESY-PV1 hinausgehende Arbeiten

7.1 Inhaltliche Ergänzungen zu den Teilsystemen

Bereits die Prototypversion RODOS-PRTY1.0 enthält Module zur Berechnung des Nahrungskettentransports und der Strahlendosen über alle relevanten Expositionspfade (ECOAMOR) und zur Ermittlung und Konsequenzenabschätzung langfristiger Schutz- und Gegenmaßnahmen (FRODO).

ECOAMOR (ECOSYS ASY Modules for RODOS) basiert auf dem dynamischen radioökologischen Rechenprogramm ECOSYS-87 und der ECOSYS-Anwendung EURALERT-89 /6/ und wird von der GSF - Institut für Strahlenschutz - entwickelt. Es wird Ende 1993 in einer neuen erweiterten Version zur Integration in RODOS zur Verfügung stehen. Seine Funktionsweise sowie die berechneten Ergebnisse sind bereits dokumentiert /R2/. Seine Integration in das Teilsystem ASY ist in Abb. 2 schematisch angegeben.

Der Maßnahmenmodul FRODO (Food, Relocation and Decontamination Options) wird derzeit vom National Radiological Protection Board (NRPB), UK, entwickelt /6/. Er wird es ermöglichen, Nahrungsmittelverbote sowie Umsiedlungs- und Dekontaminationsmaßnahmen zu berücksichtigen und hinsichtlich ihrer Konsequenzen zu quantifizieren. FRODO wird in einer deutlich erweiterten Version bis Mitte 1994 zur Integration in RODOS zur Verfügung stehen. Seine Funktionalität und die erzielbaren Ergebnisse sind ebenfalls dokumentiert /R3/. Die Integration von FRODO ist in Abb. 5 schematisch dargestellt.

Weiterhin werden sowohl im Rahmen des laufenden RODOS-Projekts als auch der Zusammenarbeit zwischen EG- und GUS-Instituten Datenassimilationsmethoden entwickelt, die es erlauben werden, radiologische und meteorologische Meßdaten in die Modellrechnungen derart zu integrieren, daß ein möglichst konsistentes und realistisches Bild der radiologischen Situation in der Umgebung des Emissionsorts entsteht. Zur Einbeziehung von Meßdaten in Ausbreitungsrechnungen mit RIMPUFF wird von der University of Leeds zusammen mit der University of Warwick ein spezielles auf Kalman-Filtertechnik basierendes Verfahren entwickelt /8/. Im Forschungszentrum SCK/CEN Mol wird der gleiche Problembereich (Quelltermrekonstruktion, Berücksichtigung von Meßdaten bei der Ausbreitungs- und Dosisberechnung) sowohl mit konventionellen Methoden kombiniert mit Expertensystemen als auch mit Fuzzy-Logic-Techniken bearbeitet

/9/. Eine oder mehrere der genannten Entwicklungsarbeiten wird bzw. werden im Laufe des Jahres 1994/1995 zu in RODOS integrierbare Module führen. Ebenso wird von der GSF in 1994/1995 das Problem der Integration von Meßdaten über Nahrungskontaminationen in die Modellrechnungen schwerpunktmäßig bearbeitet.

Parallel zu den genannten Arbeiten wird in enger Zusammenarbeit zwischen KEMA (Niederlande), SPA TYPHOON Obninsk (Rußland), IMMS CC Kiew (Ukraine) und KfK/INR eine Modellkette zur Quantifizierung des Verhaltens von Radionukliden in der Hydrosphäre entwickelt und zur Integration in RODOS vorbereitet /7, 10/. Sie umfaßt "run-off"-Modelle, die den Transport von abgelagerten Radionukliden in Flußsystemen beschreiben und 1- und 2-dimensionale hydrologische Modelle, die den Abtransport in Fließgewässern bestimmen, und schließlich Modelle, die das Verhalten von Radionukliden in Seen ermitteln. Die Modellkette wird derzeit exemplarisch an das Flußsystem Rhein einschließlich Nebenflüssen und Ijsselsmeer angepaßt. Eine lauffähige Version wird 1994 vorliegen.

Die genannten Rechenmodule werden nach ihrer Fertigstellung und Integration in RODOS auch zum Betrieb in RODOS/RESY zur Verfügung stehen. Damit kann eine gegenüber den Beschreibungen in den Kapiteln 3, 4 und 5 deutlich erweiterte Funktionalität erreicht werden.

7.2 Zukünftiger Einsatz für Training und Ausbildung

Zu diesem Themenkreis wurde Ende 1992 eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich aus Mitarbeitern von KfK/INR, Electricité de France, Nuclear Electric und KfK/FTU zusammensetzt. Die Arbeitsgruppe befaßt sich mit dem möglichen Einsatz von RODOS in bereits existierenden oder neu zu schaffenden Trainings- und Ausbildungskursen sowohl im Rahmen des "European Radiation Protection Education and Training" (ERPET) Programmes als auch auf nationaler Ebene, sowie mit der Planung, inhaltlichen Ausgestaltung und Durchführung derartiger RODOS Anwendungen.

Als erster Schritt wird ein neuer, speziell auf RODOS zugeschnittener Kurs vorbereitet, in dem sowohl Prinzipien, Empfehlungen und Handlungsstrategien des Strahlen- und Katastrophenschutzes als auch die Nützlichkeit des Einsatzes von RODOS vermittelt werden sollen. Bei der Planung der Kursinhalte wird besonderer Wert darauf gelegt, bei klar vorgegebenen und überprüfbaren Lernzielen anhand von geeignet ausgewählten Unfallszenarien die Vermittlung von Wissen und Erfahrungen gezielt und praxisorientiert zu gestalten. Der erste Kurs dieser

Art soll voraussichtlich Anfang 1995 im Rahmen des ERPET Programmes stattfinden. Der Umfang des Kurses ist zunächst auf unfallbedingte luftgetragene Freisetzungen aus Leichtwasserreaktoren beschränkt. In Zukunft wäre aber auch die Erweiterung auf Wasserpfade oder Unfälle in anderen kerntechnischen Anlagen möglich.

Auf nationaler Ebene ist bei KfK/FTU geplant, RODOS in ein neues FTU- Trainingsprogramm zu integrieren. Dieses Programm wird voraussichtlich aus mehreren Stufen bestehen und umfassend Prinzipien, Methoden und Verfahren des Strahlen- und Katastrophenschutzes und der Entscheidungsfindung bei externen Katastrophenschutzmaßnahmen behandeln. Ein spezieller Kursabschnitt soll Funktionen, Struktur, Modelle, Methoden, darstellbare Ergebnisse und die Benutzeroberfläche von RODOS vermitteln. Ein solches Kurspaket ist auch generell im Rahmen der internationalen Verbreitung von RODOS von Interesse.

Parallel zu diesen Bestrebungen soll eine Version von RODOS entwickelt werden, mit der die grundlegenden Eigenschaften und Ergebnisse des Systems demonstriert werden können. Gedacht ist hierbei an eine möglichst leicht transportierbare Version (gegebenenfalls unter Verzicht auf den interaktiven Betrieb), die einem interessierten Zuhörerkreis ohne großen Aufwand vorgeführt werden kann.

System-Name	Institution	Vorhersage meteorolog. Felder	atmosphär. Ausbreitung			Dosisberechnungen		Daten-assimilation	Schutz- und Gegenmaßnahmen	Bewertung von Maßnahmenstrategien
			Nahbereich	Mittelbereich	Fernbereich	extern (+ Inhal.)	Ingestion			
ARAC	LLNL (USA)	X	X	X	X	X		X		
ARIES	ENEA (I)	X	X	X	X	X		X		
AIRPAC/EMMA	STUDSVIK (S)		X			X				
CAIRE	BRENK (D)		X			X		X		
ECRAN	EdF (F)	X	X	X	X	X				
EURALERT/PARK	GSF (D)					X	X		(X)	
IMIS	Bfs (D)	X		X	X	X	X		(X)	
KFÜs	Bundesländer	(X)	X			X				
OIVA	STUK (SF)		X	X		X				
REM	TNO (NL)		X			X				
SIROCCO	CEA (F)		X	X		X				
SPEEDI	JAERI (JAPAN)	X	X	(X)		X				
in der	Entwicklung:									
RODOS/RESY	KfK	X	X	(X)		X	(X)	X	X	X
RODOS	CEC-contractors, KfK	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tab. 1 Übersicht über existierende und in der Entwicklung befindliche Echtzeit-On-line Entscheidungshilfesysteme

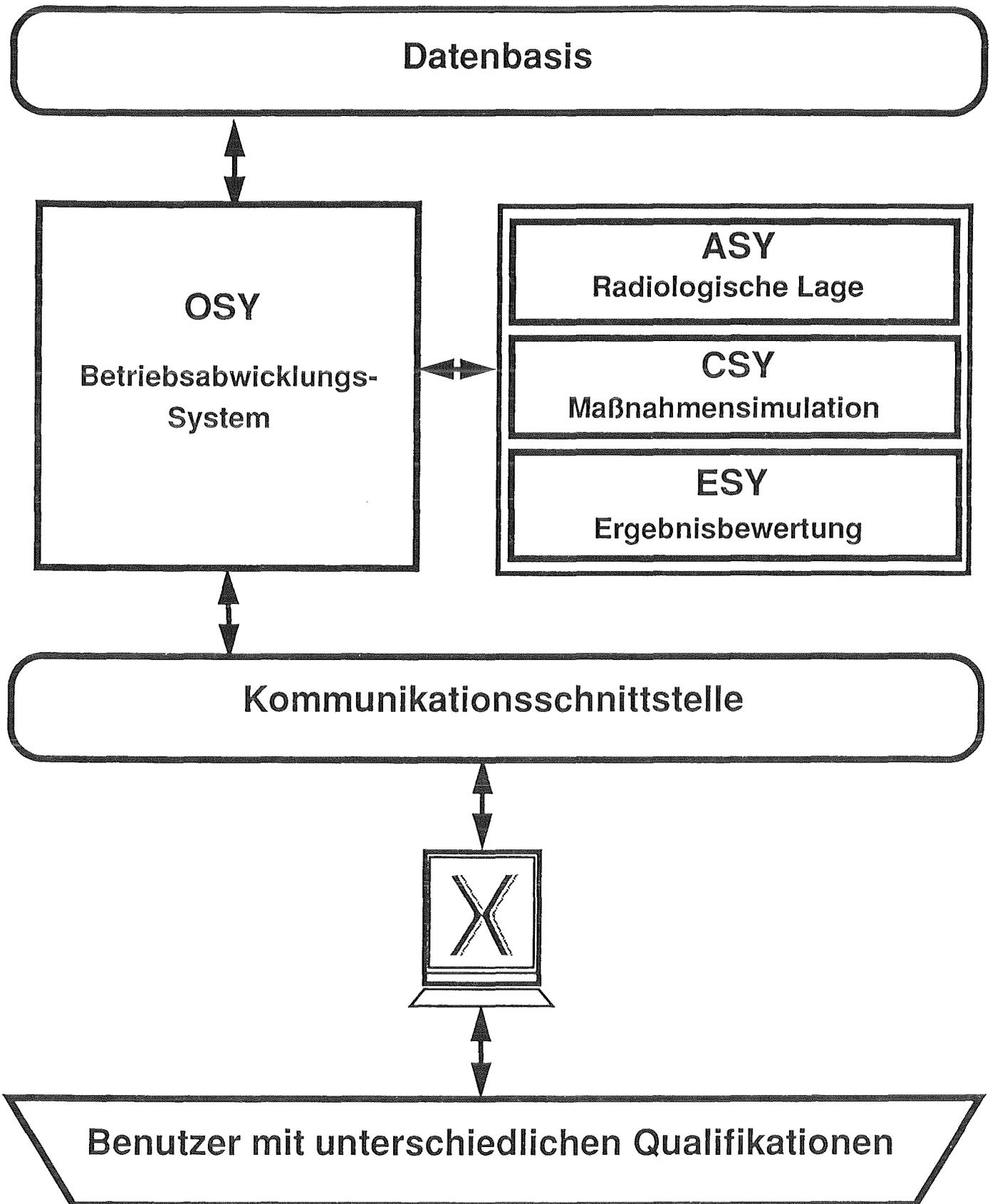


Abb. 1: Gesamtstruktur von RODOS

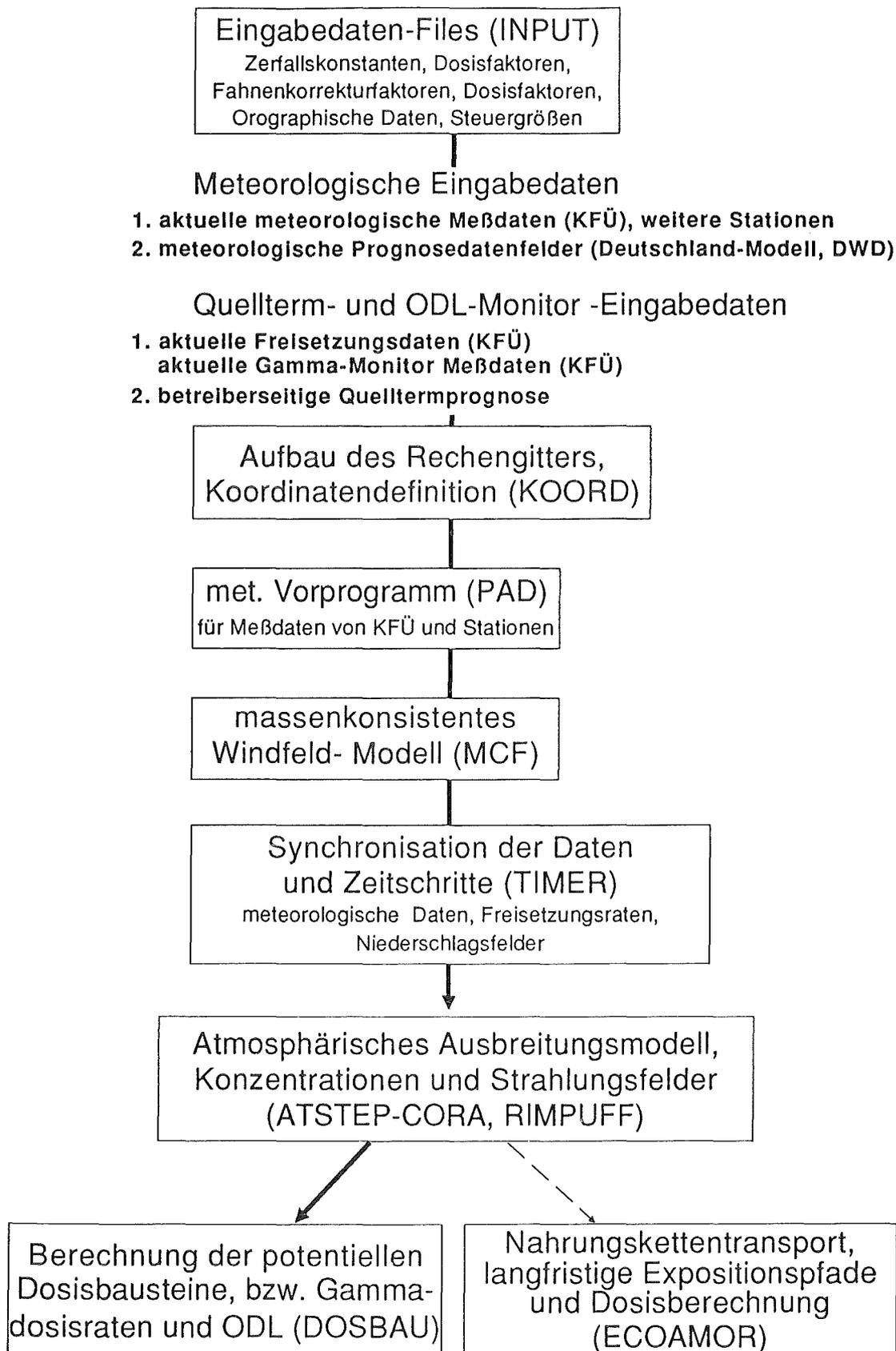


Abb. 2: ASY Struktur und Inhalt

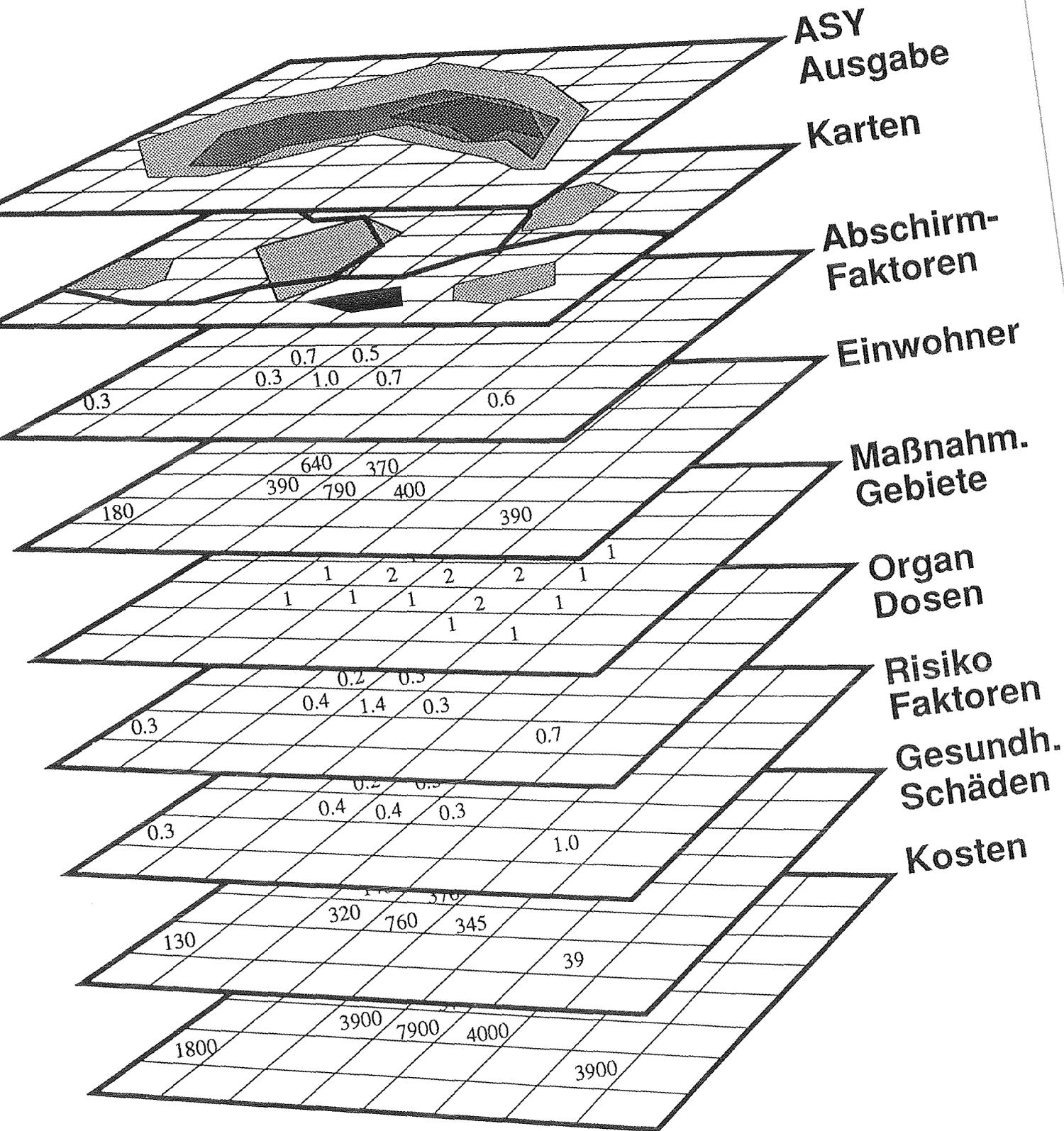
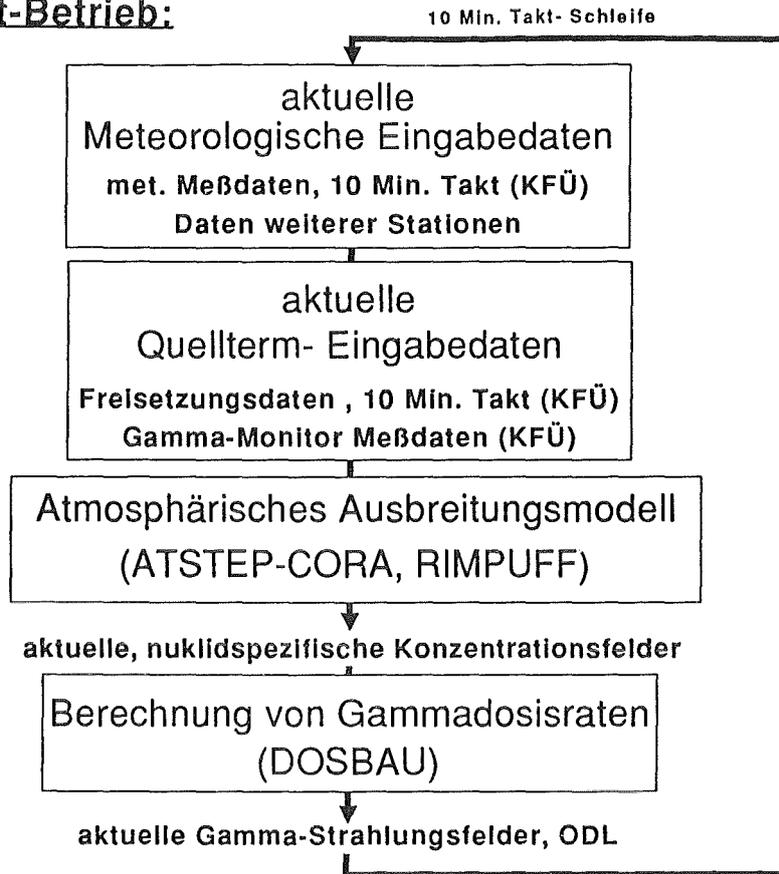


Abb. 3: Datengitter in ASY/CSY

Echtzeit-Betrieb:



Prognose-Betrieb:

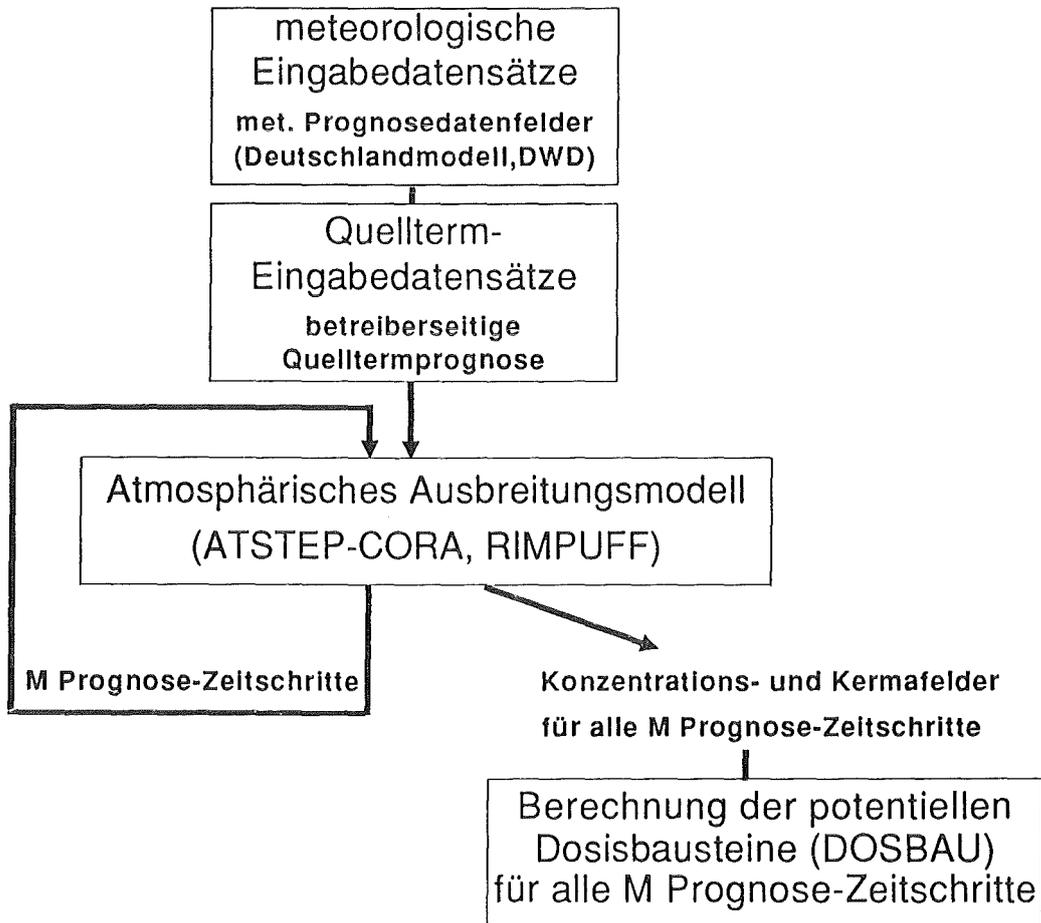


Abb. 4: Betriebsweisen von ASY

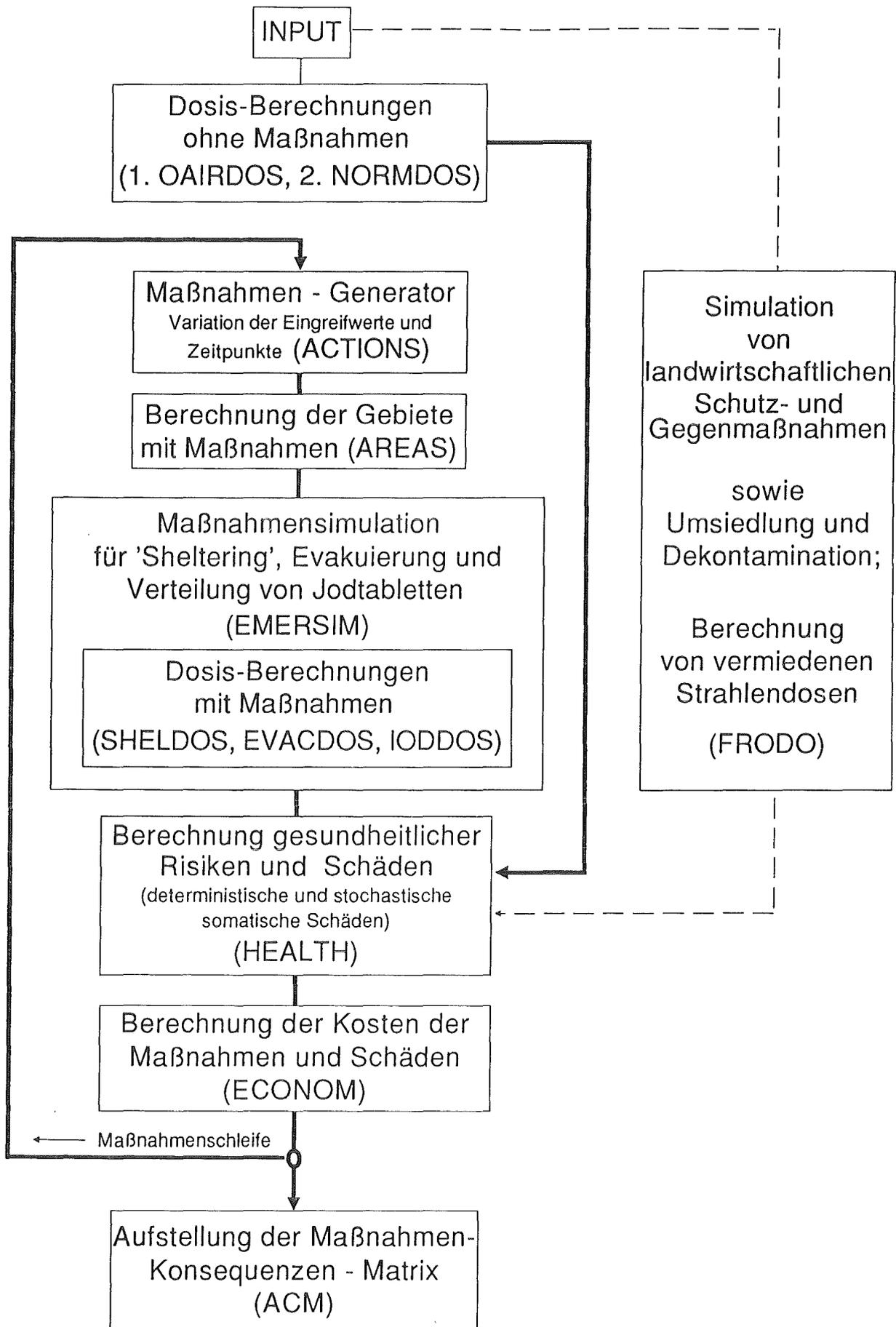


Abb.5: CSY Struktur und Inhalt

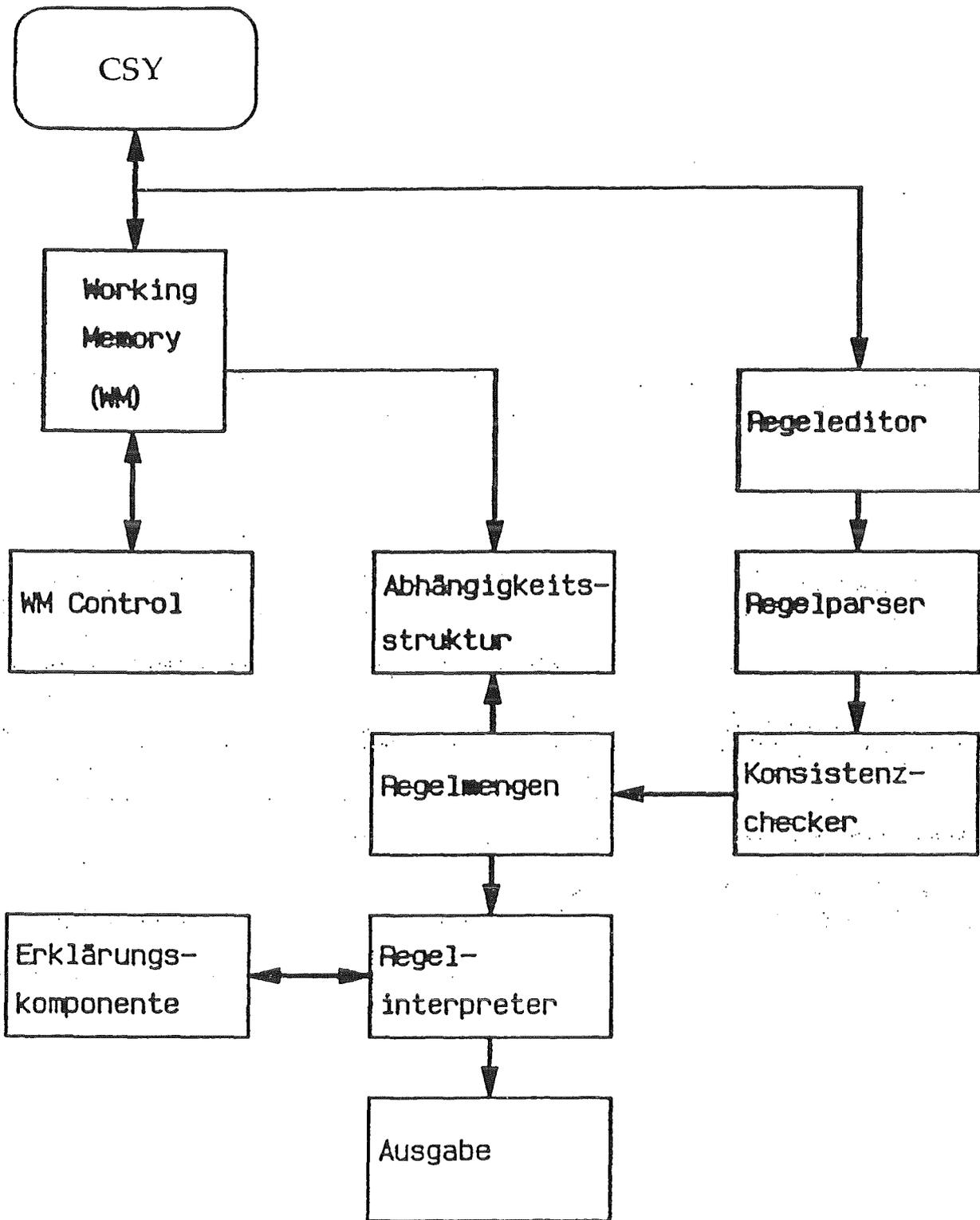


Abb. 6 Struktur des Expertensystems XESY

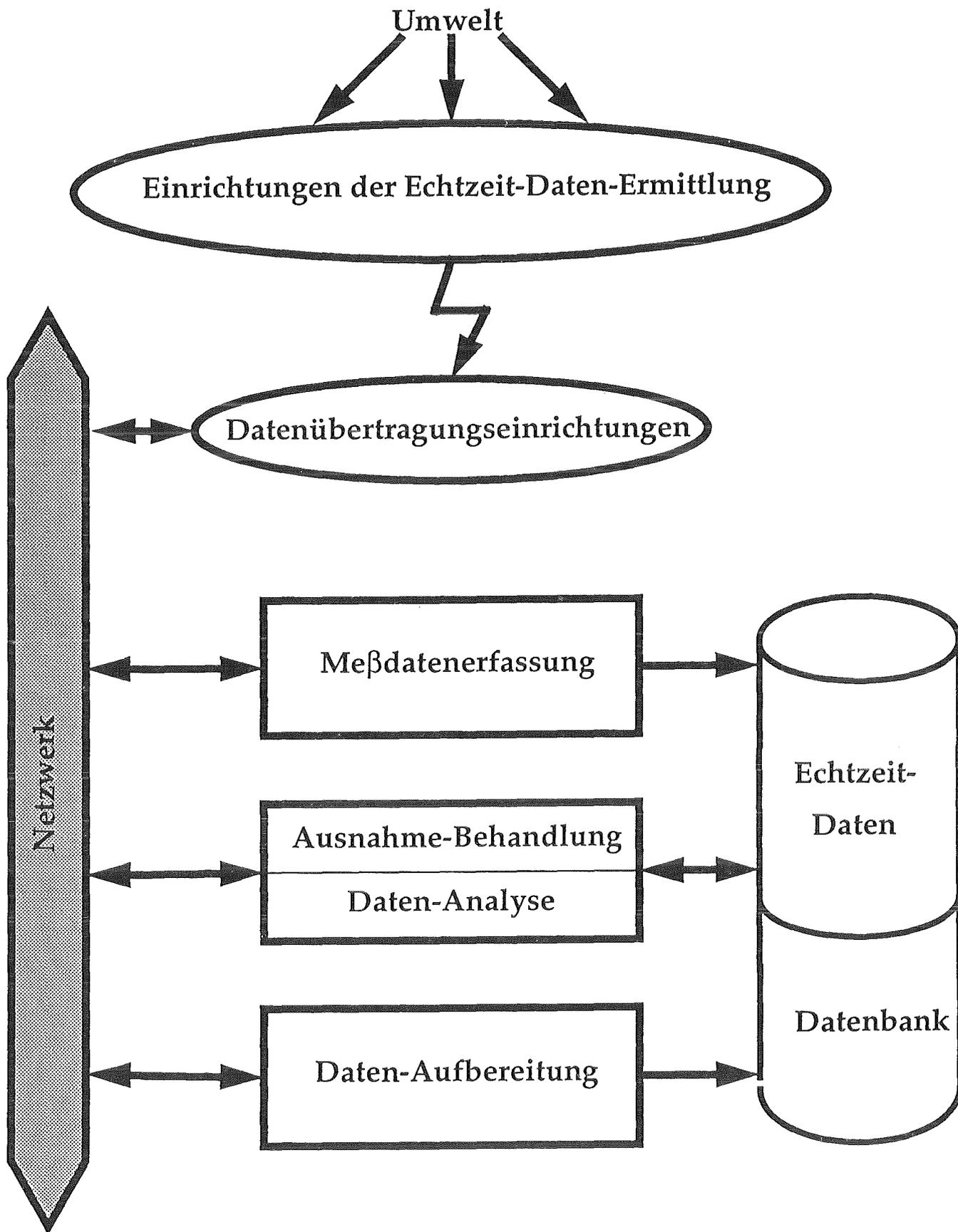


Abb.7 Design der Echtzeit-Daten-Verwaltung

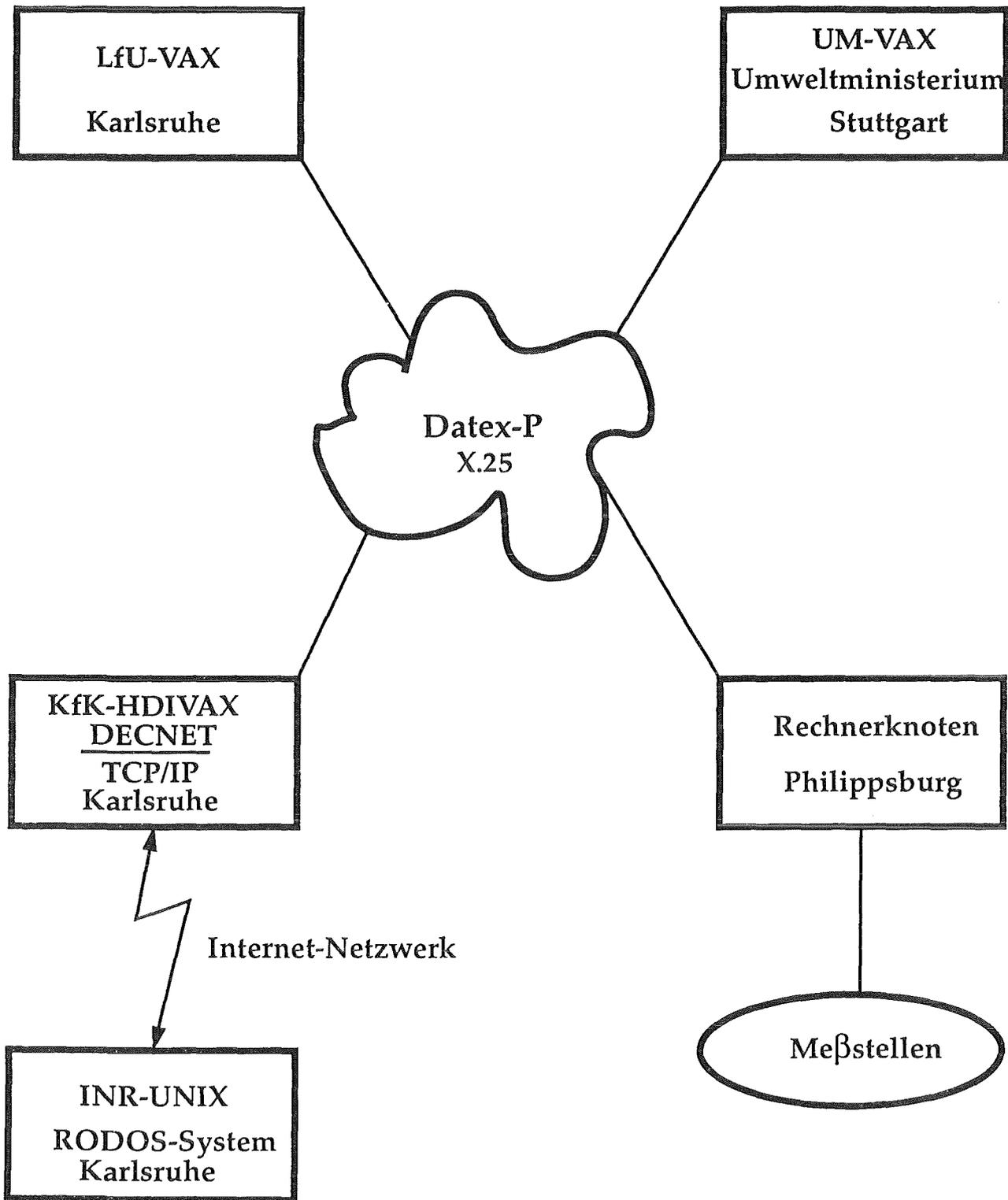


Abb.8 Netzwerk-Übersicht zwischen LfU Karlsruhe, UM Stuttgart, KfK Philippsburg und KfK/INR (RODOS/RESY)

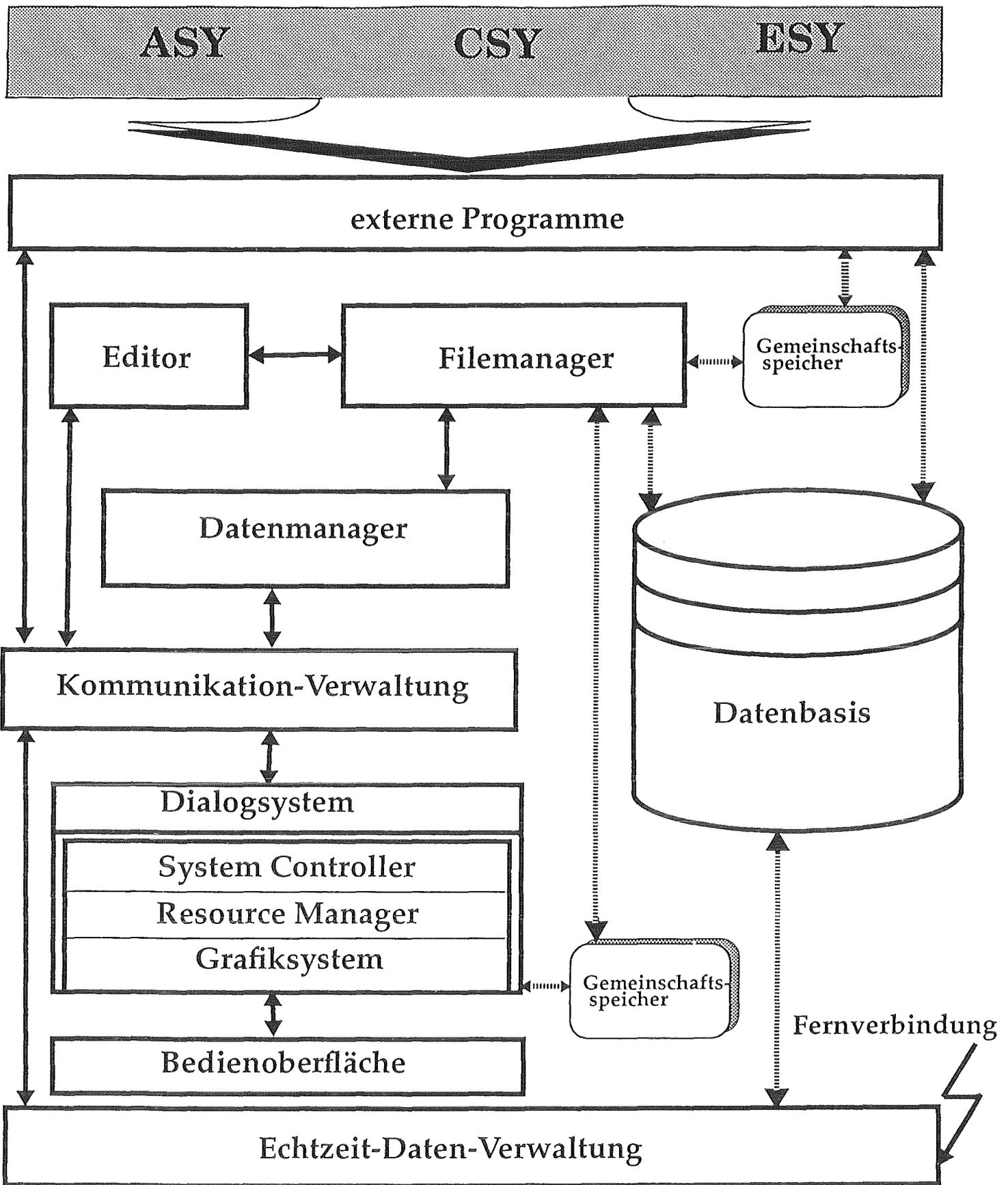


Abb. 9 Softwarestruktur des Betriebsabwicklungssystems OSY

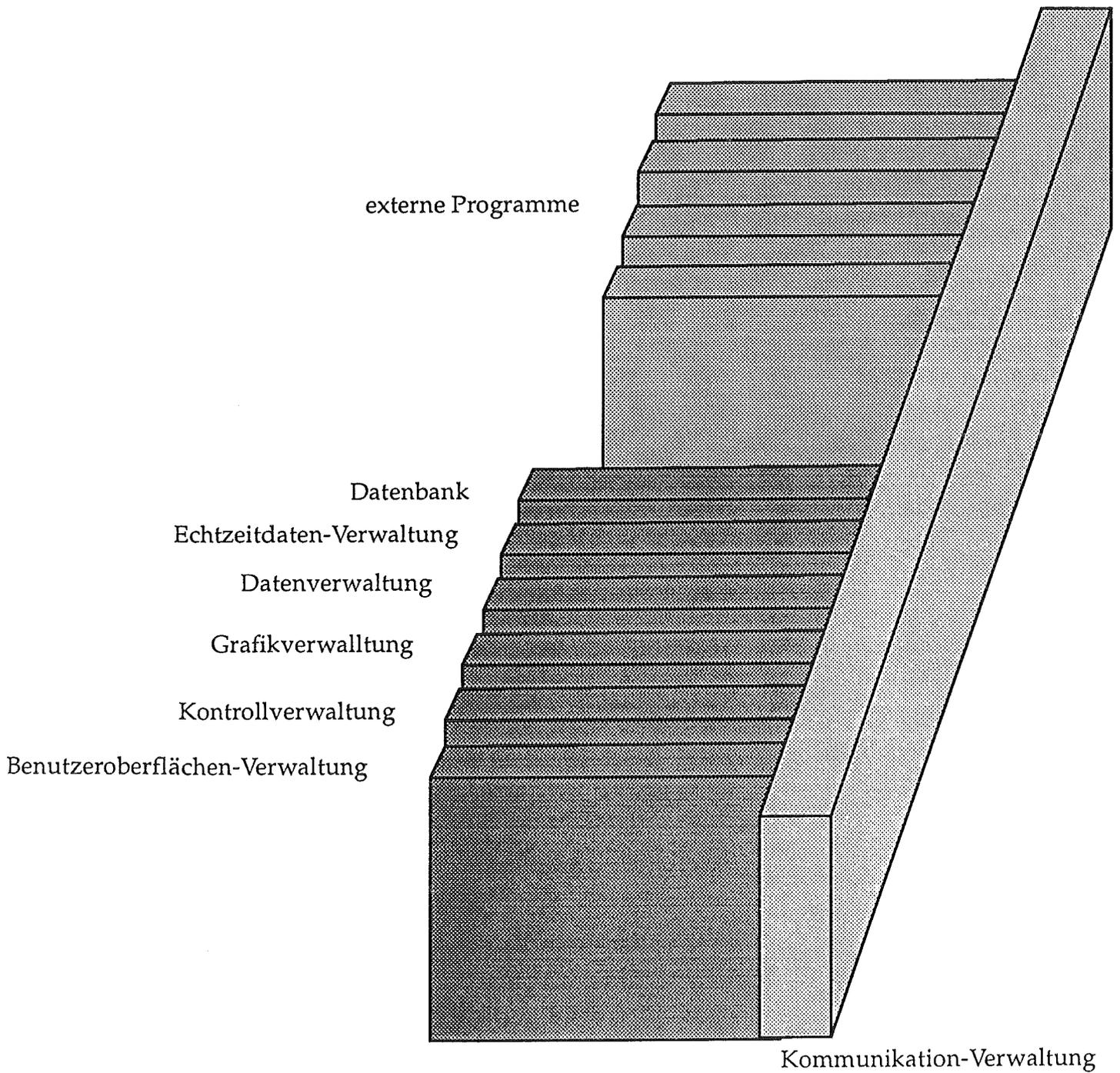


Abb.10 Softwarekomponenten des RODOS-Systems

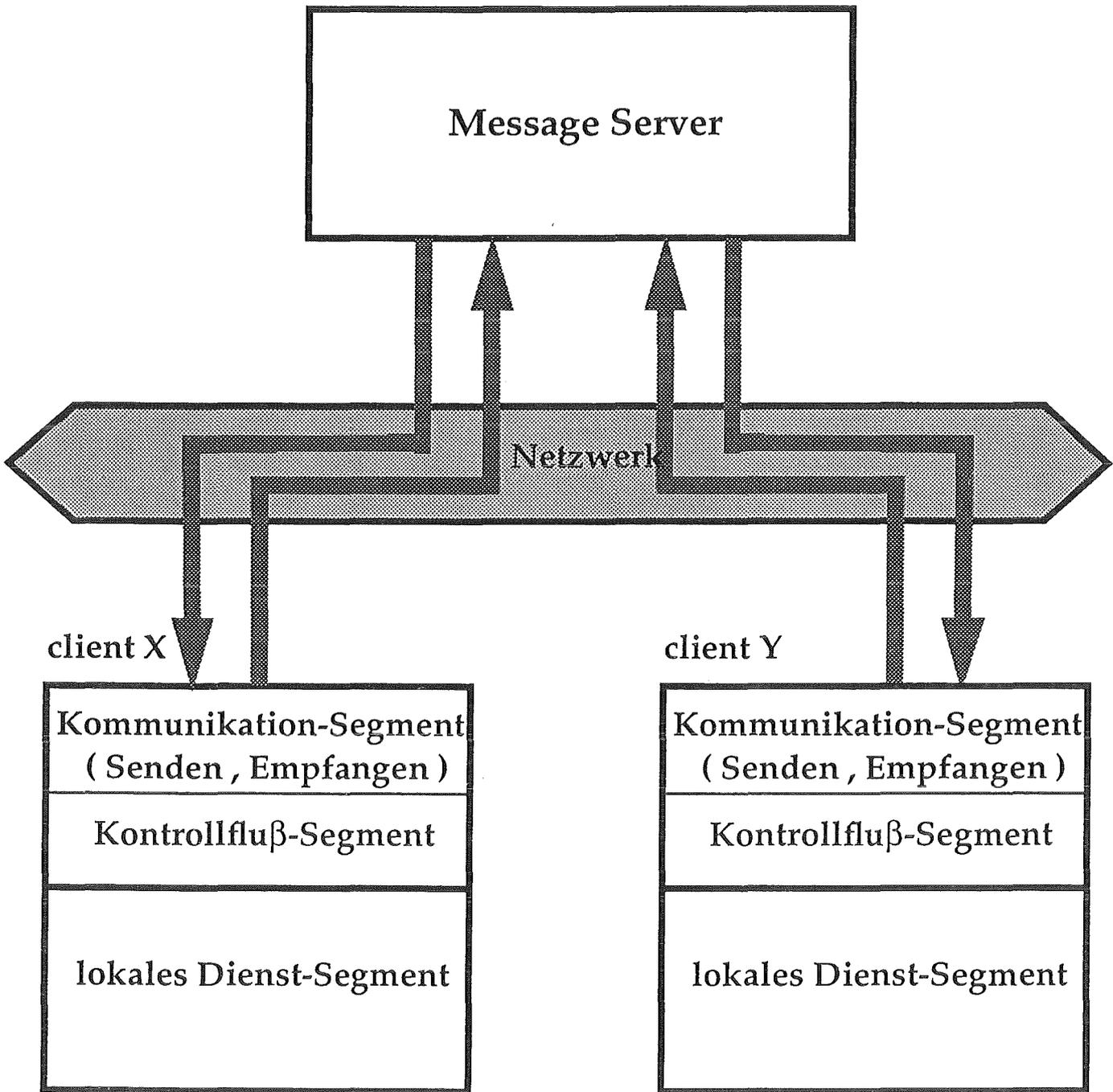


Abb.11 Architektur der Programm-Kommunikation

externes Programm

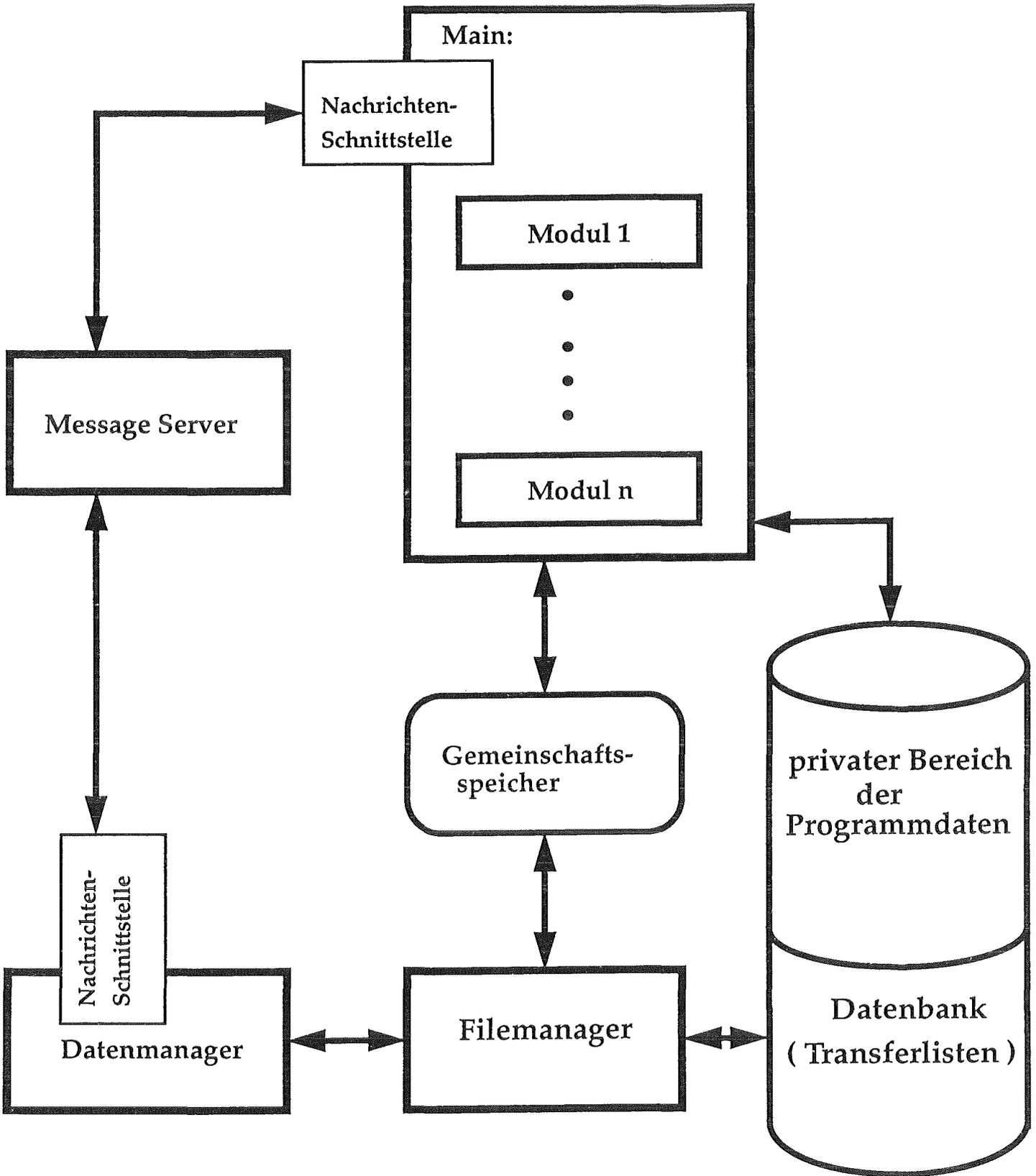


Abb.12 Kommunikation und Kooperation zwischen "externen Programmen" und OSY

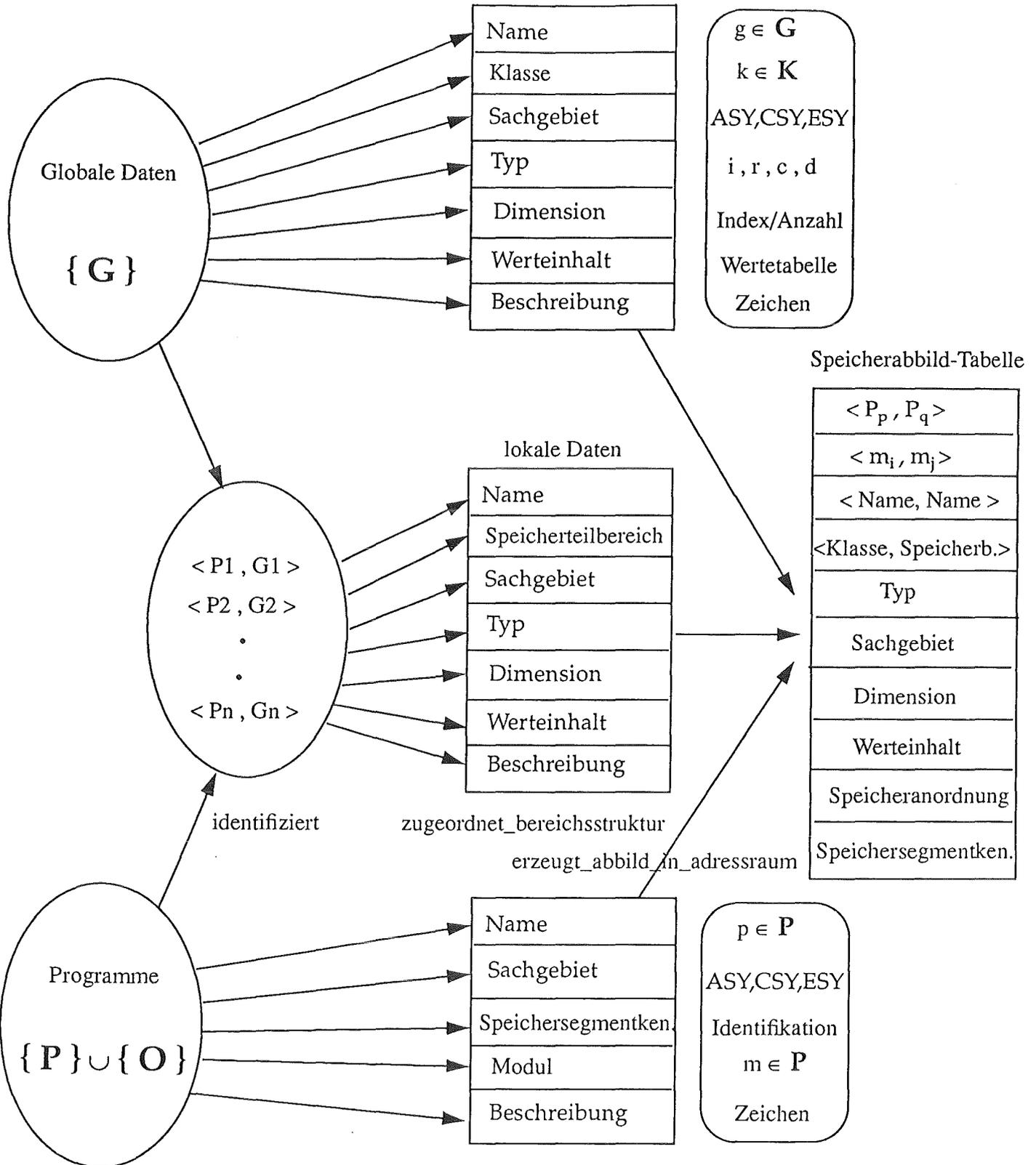


Abb.13 Schema des Datenmodells zur Versorgung der externen Programme durch das OSY-System

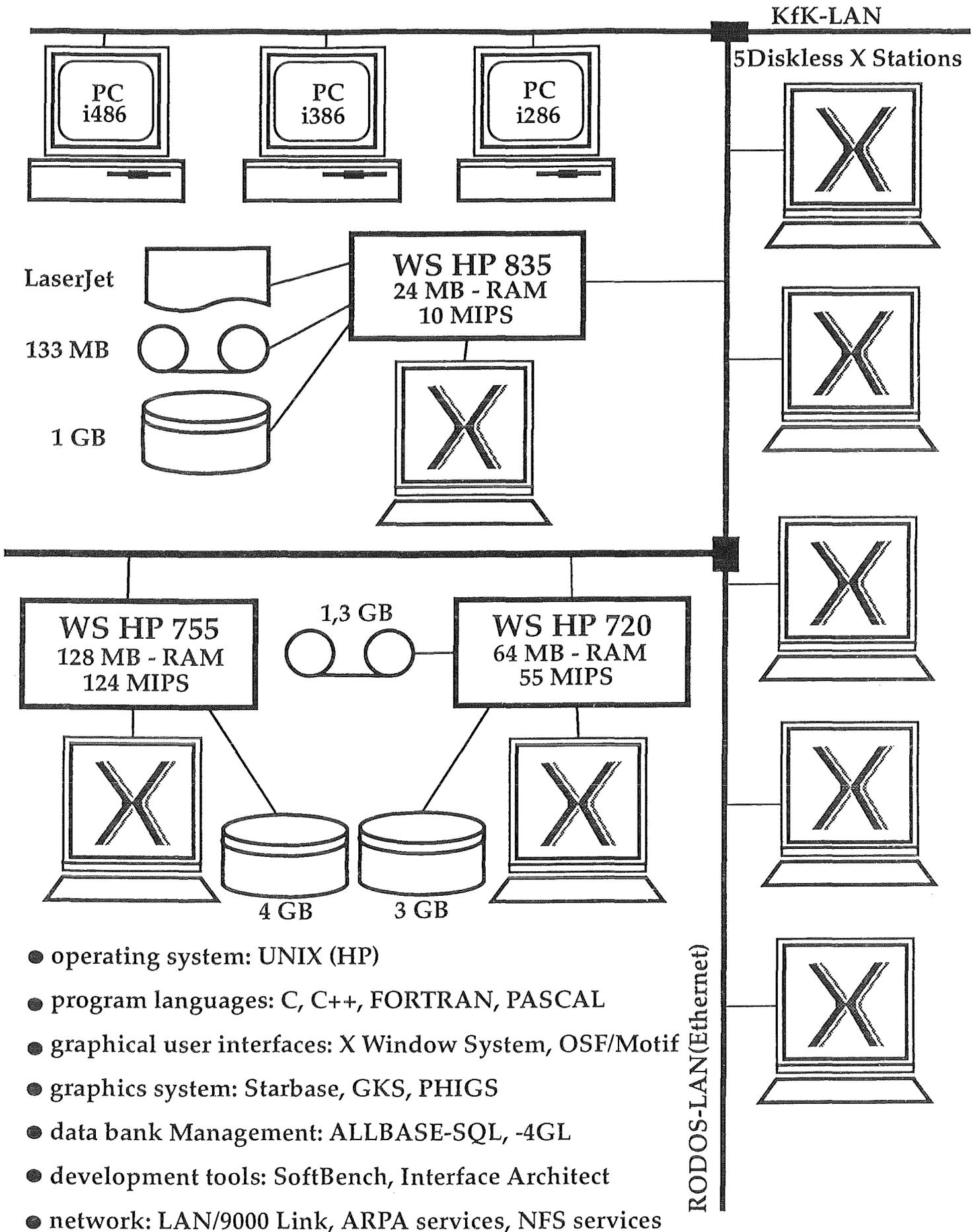


Abb. 14 Hard- und Software Konfiguration zur Entwicklung von RODOS/RESY-PRTY1

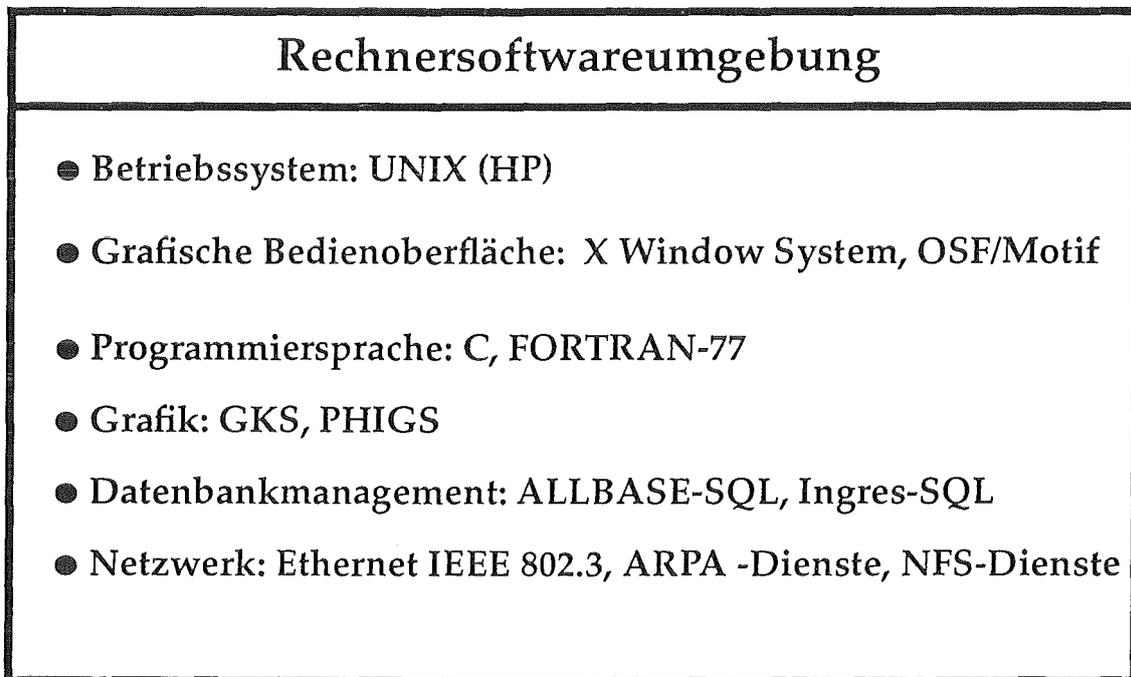
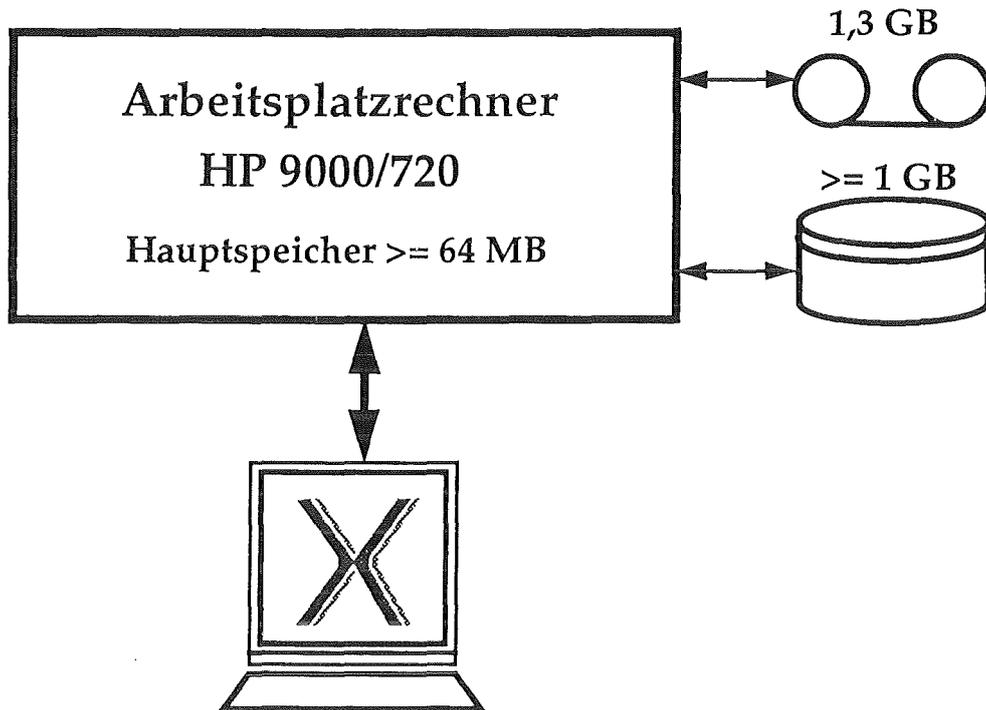


Abb. 15 Empfohlene Hard- und Software Konfiguration zu RODOS/RESY-PV1