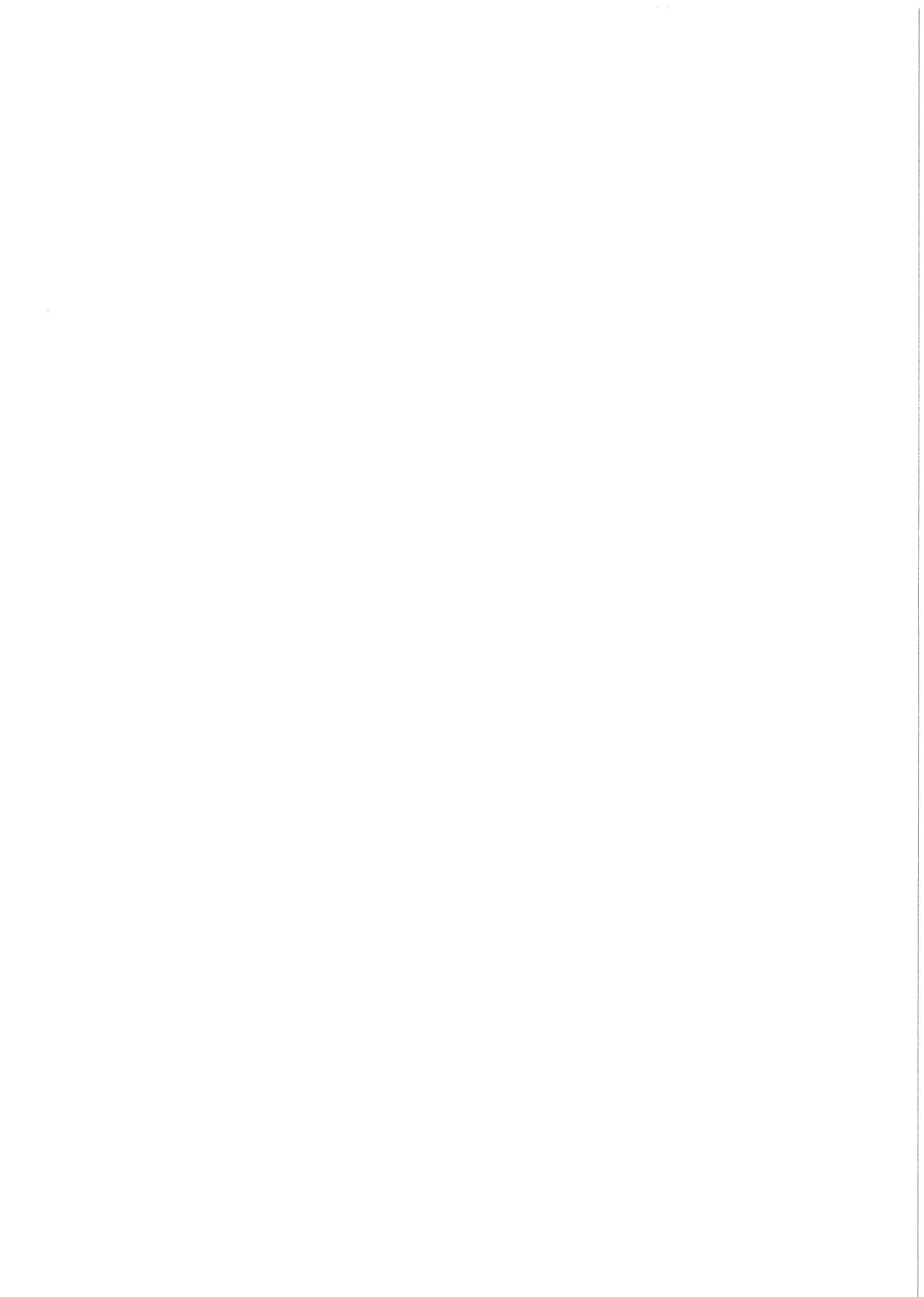


**KfK 4014
März 1986**

**Planung eines Systems zur
Überwachung und Auswertung
der Prozesse an
Experimentieranlagen im
Institut für Heiße Chemie (IHCh)**

**K. Borcharding, P. Groll, J. G. Ottes
Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
Institut für Heiße Chemie**

Kernforschungszentrum Karlsruhe



Kernforschungszentrum Karlsruhe

Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
Institut für Heiße Chemie

KfK 4014

Planung eines Systems zur Überwachung und Auswertung der Prozesse an Experimentieranlagen im Institut für Heiße Chemie (IHCh)

K. Borcharding
P. Groll
J. G. Ottes

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Planung eines Systems zur Überwachung und Auswertung
der Prozesse an Experimentieranlagen im Institut für
Heiße Chemie (IHCh)

Zusammenfassung: Die prozeßtechnischen Anlagen MILLI, PUTE und MINKA im IHCh sollten zusätzlich zu bestehenden konventionellen Warten mit rechnergestützten Meßdatenerfassungseinheiten ausgerüstet werden mit dem Ziel, die aufbereiteten Daten einem zentralen DV-System zuzuführen, das einerseits eine direkte Prozeßbeobachtung über Bildschirmkonsolen an der Warte und andererseits eine langfristige Ablage der Daten zur Auswertung der befristeten Kampagnen erlauben soll. Nach der Darlegung der Vorgaben und Zielvorstellungen wird das Systemkonzept vorgestellt. Der detaillierten Aufgabenbeschreibung folgt eine Abgrenzung gegenüber Überwachungssystemen für Industrieanlagen mit kontinuierlicher Produktion. Ein systematisch gegliederter Anforderungskatalog als Grundlage des Lastenheftes für die Ausschreibung und deren Auswertung sollen Einblick geben in den Ablauf der Projektplanung bis zum Entscheidungspunkt der Beschaffung durch den Auftraggeber.

Planning a supervisory control and analysis system
for processes on experimental plants at the Institut
für Heiße Chemie (IHCh)

Abstract: The process plants MILLI, PUTE and MINKA had to be equipped with computer controlled terminal units for data acquisition in addition to the existing control consoles of conventional technology. It was aimed to feed the prepared data into a centralized data processing system which would enable both a direct supervising of the process by display consoles and a long-termed deposition of the data for analysis of the campaign limited in time.

At first the present conditions and the viewed conceptions are explained before the system's concept is presented. After a description of the specified tasks a delimitation is given against supervisory systems for industrial plants with continuous production.

A systematic structured catalogue of requirements as a base for a proposal request and the evaluation of the proposals shall make obvious the process of planning the project up to the point of decision which product the customer is likely to order.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung	1
2.	Anlagenbedingte Vorgaben	2
2.1	Prozeßanlagen	2
2.2	Prozeßinstrumentierung	4
3.	Zielvorstellungen	4
3.1	Experimentierbetrieb	5
3.2	Verfügbarkeit, Sicherheit	8
4.	Systemkonzept	10
4.1	Prinzipielle Struktur	10
4.2	Optimale Konfiguration	13
4.3	Mögliche Reduktion unter Berücksichtigung der innerbetrieblichen Gegebenheiten	15
5.	Aufgabenbeschreibung	17
5.1	Meßverfahren	18
5.2	Meßstellen	27
5.3	Allgemeine Prozeßanforderungen	30
5.4	Datenaustausch mit dem Analyselabor	33
5.5	Handhabung durch Betreiber	36
5.5.1	Behandlung der aktuellen Meßdaten	39
5.5.2	Weiterverarbeitung der Meßdaten	41
6.	Abgrenzung gegenüber Überwachungssystemen für professionelle Anlagen	46
6.1	Flexibilität	46
6.1.1	Flexibilität der Hardware	46
6.1.2	Flexibilität der Software	47
6.2	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit	49
6.3	Zentralisierung der Datenbank	50
7.	Anforderungen an das Prozeßüberwachungssystem	53
7.1	System	53
7.1.1	Gesamtsystem	53
7.1.1.1	Systemkonzept	53
7.1.1.2	Anzeige- und Bedienkonzept	54
7.1.1.3	Ausfallstrategie	55
7.1.1.4	Projektierungskonzept	56

7.1.2	Komponenten	57
7.1.2.1	Prozeßnahe Komponenten	57
7.1.2.2	Anzeige- und Bedienkomponenten	61
7.1.2.3	Buskomponenten	68
7.1.2.4	Zentraler Rechner	69
7.1.3	Fremdsystemkopplung	72
7.1.3.1	Funktionen	73
7.1.3.2	Datenübergabe	73
7.1.3.3	Datenpräsentation	74
7.1.3.4	Kopplungsüberwachung	74
7.1.3.5	Koppelkomponenten	74
7.1.3.6	Leistung/Kapazität	74
7.2	Systemeinsatz	75
7.2.1	Projektieren	75
7.2.1.1	Dokumentation	75
7.2.1.2	Projektierungshilfen	75
7.2.1.3	Strukturieren	76
7.2.1.4	Konfigurieren	76
7.2.1.5	Programmieren	77
7.2.1.6	Parametrieren	77
7.2.1.7	Personal	77
7.2.1.8	Archivierung	77
7.2.2	Installieren	78
7.2.2.1	Aufbautechnik	78
7.2.2.2	Verbindungstechnik	78
7.2.2.3	Hilfsenergie	79
7.2.2.4	Umgebung	79
7.2.3	Inbetriebnehmen	80
7.2.4	Betreiben	80
7.2.4.1	Prozeßnahe Komponenten	80
7.2.4.2	Anzeige und Bedienung	81
7.2.4.3	Bus	82
7.2.5	Instandhaltung	82
7.2.5.1	Dokumentation	82
7.2.5.2	Fehlerdiagnose	82
7.2.5.3	Fehlerbeurteilung	83
7.2.5.4	Fehlerbeseitigung	83
7.2.5.5	Ersatzteile	83
7.2.5.6	Vorbeugende Wartung	83
7.2.5.7	Personalqualifikation	84
7.3	Systemlieferant	84
7.3.1	Projektentwicklung	84
7.3.2	Wartung	85
7.3.3	Referenzen	85
7.3.4	Weiterentwicklung	85
8.	Auswertung der Ausschreibung	87

- Auswertung der Ausschreibung
 - Abbildungen und Tabellen
 - A) Systemübersichten
 - B) Systempreise
 - C) In Systempreis enthaltene Peripherie
 - D) Nicht in Systempreis enthaltene Kosten
 - E) Beurteilung
 - F) Auswahl der Anforderungen mit höchster Wichtigung, die unterschiedliche Leistungsmerkmale erbrachten.

1. Einleitung

Die Aufgabenstellung des Auftrages vom Institut für Heiße Chemie (IHCh) des Kernforschungszentrums Karlsruhe bezog sich auf die rechnergestützte Meßdatenerfassung bei den prozeßtechnischen Einrichtungen MILLI /2,3/ PUTE /4/ und MINKA im IHCh sowie auf die Realisierung eines Informations- und Management-Systems für das Analytische Labor im gleichen Institut. Die Anlagen MILLI und PUTE wurden bislang über konventionelle Warten betrieben. Durch die geplante Erweiterung sollen am Ende alle drei genannten Anlagen über Bildschirm-Leitstände beobachtet werden können (Monitorfunktion eines Leitsystems). Dabei soll die Rechnerkapazität nicht nur dazu benutzt werden, die aktuellen Daten während des ablaufenden Prozesses nach geeigneter Aufbereitung zu präsentieren, sondern auch dazu, die Anzahl der gesamten Meßwerte auf ein sinnvolles Maß zu reduzieren mit dem Ziel, diese zusammen mit den Analysewerten mit dem für die Nachbearbeitung notwendigen und ausreichenden Informationsgehalt abzuspeichern. Nach Beendigung der im Schnitt über 3 bis 4 Wochen sich erstreckenden Prozesskampagnen und dem vollständigen Vorliegen der Analysendaten können die Versuche dann ausgewertet werden zum Beispiel über die Erstellung von Volumen-, Fluß- und Massenbilanzen. Bei der Experimentauswertung sind Zeitrafferverfahren zur Untersuchung des Prozeßablaufes hilfreich. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, mathematische Prozeßmodelle /6,7/ mit dem tatsächlichen Prozeßverhalten zu vergleichen.

In enger Zusammenarbeit mit dem IHCh wurde eine Projektstudie /1/ erstellt. Die Aufgabenstellung für diese Studie konnte sich nicht darauf beziehen, einen fest umrissenen und sowohl hinsichtlich des zeitlichen Ablaufes als auch bezüglich des Datenumfanges eindeutig beschreibbaren Prozeß auf seine Umrüstbarkeit auf Rechnerüberwachung hin zu untersuchen. Es war vielmehr ein System zu konzipieren, das in einer ersten Ausbaustufe nacheinander die drei genannten prozeßtechnischen Anlagen einschließt zusammen mit den notwendigen prozeßrelevanten Kommunikationseinrichtungen in der Analytik und in einer weiteren Stufe die Verwaltung der Abläufe des Analytischen Labors einbezieht.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Systemauswahl war, daß die Aktivitäten zugunsten der angeschlossenen Teilbereiche scharf voneinander entkoppelt bleiben und dort, wo sich Überschneidungen ergeben, z.B. bei der Benutzung von gemeinsamen Datenfeldern, klar definierte Schnittstellen geschaffen werden, damit eine gegenseitige störende Beeinflussung so weit wie möglich ausgeschlossen bleibt. Das ist besonders wichtig unter dem Aspekt, daß die Überwachung einmalig ablaufender Prozesse parallel ablaufen soll zu der Auswertung bereits abgeschlossener Kampagnen, zum kontinuierlich fortgesetzten Management des Analyselabors und zu Entwicklung und Test neuer Programme.

Die zeitliche Abwicklung der Integration sollte nach der Planung in folgender Reihenfolge ablaufen: Zuerst wird die seit 1971 betriebene Anlage MILLI in die Umrüstung einbezogen, dann folgt PUTE, seit 1982 in Betrieb und anschließend MINKA, die 1985 in den heißen Betrieb gehen wird. Die Implementierung eines Managementsystems für die Analytik ist im Anschluß daran vorgesehen.

Der zeitlichen Planung entsprechend lag das Schwergewicht der Untersuchung auf der Analyse und der Konzeption für die Prozesse MILLI, PUTE und MINKA.

2. Anlagenbedingte Vorgaben

2.1 Prozeßanlagen

Die in die Untersuchung einbezogenen prozeßtechnischen Anlagen werden als Modell- bzw. Experimentieranlage für Teilbereiche einer Wiederaufarbeitungsanlage für abgebrannte Kernbrennstoffe betrieben. Im Unterschied zu konsequent für einen Produktionsbetrieb geplanten und im industriellen Maßstab arbeitenden Anlagen standen hier experimentelle Gesichtspunkte bei der Entwicklung und Errichtung im Vordergrund. Die Anlagen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten konzipiert, auf- und ausgebaut und weisen daher heterogene Ausstattungselemente auf. Zudem sind sie räumlich an verschiedenen Orten im Institut lokalisiert. Da sie mit radioaktivem Material arbeiten, sind sie den Sicherheitsanforderungen entsprechend abgeschirmt. Ein kurzfristiger direkter Zugang zu allen Komponenten ist bei MILLI deshalb praktisch ausgeschlossen und eine Umrüstung ist eine aufwendige und langwierige Maßnahme. Bisher wurden und werden die Anlagen über

konventionelle Warten betrieben von einem Mitarbeiter-Team, das intime Kenntnisse der Geräte und Anlagenteile besitzt. Deshalb hatte man bislang mit einer Instrumentierung arbeiten können, die nicht bis in die letzte Konsequenz für einen "blinden" Betrieb ausgelegt war. Das heißt, die Zustandssignalgeber mußten nicht in der Vollständigkeit und Vollzähligkeit installiert sein, daß ohne Rücksicht auf die Vorgeschichte zu jedem Zeitpunkt eine lückenlose Zustandsbeschreibung zu erbringen gewesen wäre. Dieser Mangel wird in der Regel kompensiert durch die Beobachtung sekundärer Effekte unter Berücksichtigung der Erfahrungs- und Plausibilitätswerte. Wollte man eine solche Anlage auf den Betrieb ausschließlich von einem rechnergestützten Bildschirmleitstand aus umrüsten, dann müßte ein erheblicher und kostspieliger Aufwand in geänderte oder erweiterte Instrumentierung gesteckt werden. Der finanzielle und zeitliche Rahmen sowie die räumlichen Verhältnisse an den Anlagen lassen ein solches Vorgehen zur Zeit jedoch nicht zu und es erscheint dies auch nicht dem Bedarf und den Umständen einer Experimentieranlage mit stetig sich ändernden Anforderungen zu entsprechen. Deshalb wurde auch in der Untersuchung darauf verzichtet, die Bestandsaufnahme der Instrumentierung mit einem Anforderungskatalog an notwendigen Änderungen zu koppeln. Es wurde vielmehr der Istzustand übernommen unter Berücksichtigung der im Vorfeld der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse für die Planung einer Neu- oder Uminstrumentierung in einzelnen Anlagenabschnitten. Dieses Vorgehen war auch vertretbar, da die Steuerung nach wie vor über eine konventionelle Warte erfolgen soll, die lediglich im Bereich der Anzeigeninstrumente reduziert wird, da dieser Komplex weitgehend von dem Bildschirmsystem übernommen wird. Für sicherheitsrelevante Signale ist Redundanz vorgesehen. Diese Signale werden primär an der Steuerungskonsole der konventionellen Warte aufgelegt und kommen zusätzlich am Bildschirmpult und an den angeschlossenen Druckern als Hardcopy zur Anzeige.

Die Aufnahme des Istzustandes diente dazu, den Datenumfang zu ermitteln, für den das Datenerfassungssystem jeweils auszulegen ist. Daß es darüber hinaus noch ausreichende Kapazitäten zur Erweiterung besitzen muß, ergibt sich einmal aus den üblichen Wachstumstendenzen einer Versuchsanlage, zum anderen aber auch aus dem Iterationsprozeß der Akzeptanz durch die Betreiber, da erfahrungsgemäß nach positiven Erfahrungen beim Umgang mit einem neuartigen Gerät oder Medium und bei Ausschöpfung der erweiterten Möglichkeiten der Bedarf nach weiteren Informationen und Darstellungsformen ansteigt. Folgerichtig ergibt sich damit, daß

das zu installierende Datenerfassungs- und Leitsystem ausreichend flexibel und bedienerfreundlich konzipiert sein muß, damit der Betreiber und nicht nur der versierte DV-Fachmann damit umgehen kann und er jederzeit ohne fremde Hilfe nach einer im üblichen Rahmen liegenden Einarbeitungszeit sein System entsprechend den eigenen Vorstellungen konfigurieren und die Darstellungsformen seinen Anforderungen anpassen kann.

2.2 Prozeßinstrumentierung

Der größte Teil der Prozeßvariablen kann direkt diskreten "in-line"-Meßstellen wie Thermoelementen, Druckdifferenz-Meßgeräten und Status-Gebern zugeordnet werden. Daneben gibt es Resultate aus zwischengeschalteten Meßgeräten wie α -Monitore und Waagen, die in rein analoger Form oder als digitalisierte Analogwerte vorliegen.

Zusätzlich sollen aus den Regelungsbausteinen bzw. aus Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) manuell vorgegebene Sollwerte und dort für die "back up"-Warte erzeugte Alarmmeldungen übernommen und auf der Bildschirmwarte angezeigt werden. Das Erfassungssystem muß die Möglichkeiten bieten, Sollwerte für diese Regler, die an der Bildschirmwarte oder über den Rechner generiert werden, über Ausgangskanäle zur Verfügung zu stellen.

Neben diesen Meßwerten, die über fest verdrahtete Kanäle dem Erfassungssystem zugeführt werden, gibt es solche, die (noch weiterhin) von Meßgeräten direkt abgelesen und über die Bedienkonsole zusammen mit Angaben zur Ablesezeit und zum Ableseort dem Auswerterechner mitgeteilt werden.

3. Zielvorstellungen

Ursprüngliches Ziel dieser Untersuchung war es, ein System zu entwerfen, mit dessen Unterstützung die prozeßtechnischen Einrichtungen MILLI, PUTE und MINKA auf Computer-Basis ausgewertet werden können und das zudem dem Management des analytischen Labors zur Verfügung stehen soll. Im Zusammenhang mit der aus anderer Ursache notwendig gewordenen Umrüstung der MILLI-Warte entwickelte sich eine Erweiterung der Zielvorgabe durch den

Wunsch, die über ein Datenerfassungssystem übernommenen Prozeßwerte, die rechnerkonform aufbereitet und auf die jeweilige Prozeßgröße umgerechnet werden, den Operateuren als aktuelle Prozeßinformationen auf Bildschirmen in leitstandsüblicher Darstellungsform zu präsentieren. Da die genannten drei prozeßtechnischen Anlagen aus verschiedenen Gründen nicht parallel betrieben werden, ergab sich daraus, die leittechnischen Einrichtungen der MILLI auch für PUTE und MINKA wechselseitig zugänglich zu machen. Diese weiterreichenden Anforderungen erzwangen, das Systemkonzept von einer ursprünglich vorgesehenen kompakten Erfassungsanlage mit Ankopplung an einen Hostrechner drastisch umzuändern mit dem Ziel, den Einsatz eines weitgehend komplett lieferbaren, erprobten Leitsystems von einem externen Anbieter zu ermöglichen. Wesentliche Gesichtspunkte für einen Kriterienkatalog sind dabei, daß aus Gründen der Verfügbarkeit solider Industriestandard und aus Gründen der Flexibilität ein dem Benutzer weitgehend offenstehendes anpassungsfreundliches System als Maßstab zu setzen sind sowohl auf Hardware- als auch auf Softwareebene. Ein solches System kann, wenn es dem gegenwärtigen Stand der Technik weitgehend entsprechen soll, auf der Kostenebene nicht mit einem konventionellen Wartensystem konkurrieren. Es muß aber abgewogen werden, welche erweiterten Möglichkeiten der Prozeßbeobachtung allein schon durch die Monitoring-Funktion eines solchen Leitsystems geboten werden. Offen blieb noch, in welchem Maße später auch Steuerfunktionen des Systems eingesetzt werden, die vorerst noch an den bisherigen Warten verbleiben.

Bei der Auswahl des im Institut zu installierenden Zentralrechners, ausschließlich für die beschriebenen Einrichtungen gedacht, mußte eine Anpassung an zukünftige Erweiterungen der Anforderungen im Auge behalten werden, besonders im Hinblick auf die Anzahl der Benutzer und die Größe der zu verwaltenden Datenbanken der Prozesse und des Labors. Einem Rechner mit echter 32-Bit-Struktur war dabei der Vorzug zu geben, vorausgesetzt, daß das ausgewählte Leitsystem auf ihm im Original-Betriebsmodus implementiert werden kann.

3.1 Experimentierbetrieb

Mit dem neu zu beschaffenden Datenerfassungs- und Auswertesystem wollten die Betreiber der prozeßtechnischen Anlagen in erster Linie die Bilanzierung von Prozeßlösungsvolumina und von Uran und Plutonium optimieren. Was bisher ohne Rechnerunterstützung

nur sehr zeitaufwendig und in der Regel erst nach Ablauf der Kampagnen vollständig möglich war, sollte jetzt so weit wie möglich prozeßbegleitend, d.h. mit einer geringen Verzögerung geschehen derart, daß möglicherweise erforderliche Steuermaßnahmen noch in den laufenden Zyklus eingreifen können. Weitere Punkte, in denen man sich enorme Verbesserungen in Vergleich zu bisherigen Auswertepraktiken erhoffte, sind

- eine Optimierung durch umfassendere Korrelierung von Daten aus verschiedenen Quellen,
- eine Steigerung der Werte-Genauigkeit durch ein engeres zeitliches Erfassungsraster und damit verbesserte Glättungs- bzw. Filtermöglichkeiten und
- eine gründlichere Auswertung der Experimente nach ihrem Ablauf durch schnellere und umfassendere Zugriffe auf historische Daten.

Eine höhere Auflösung des zeitlichen Erfassungsrasters muß nicht unbedingt zu einer größeren abgespeicherten Datenmenge führen. Es wurde angestrebt, damit eine präzisere Zeitbestimmung von Ereignissen und eine verbesserte Meßwertbestimmung zu gewinnen.

Ereignisse können sowohl gezielt herbeigeführte Zustandsänderungen, z.B. durch Ventilbetätigung oder Pumpenschaltung, als auch Störungen im Prozeßablauf sein. Sie können detektiert werden als Änderungen binärer Signalgeber oder auch aus Überschreitungen fester oder variabler Grenzwerte. Sie beeinflussen in der Regel linear ablaufende Vorgänge wie Materialflüsse oder Aufheiz- und Abkühlprozesse. Eine Synchronisation der Messung aller von einem Ereigniskanal abhängigen Meßgrößen bietet damit zum einen eine präzise Korrelation dieser Größen, die sich auch grafisch sehr informativ gestalten läßt, zum anderen eine Datenreduktion, wenn die Meßwerte lediglich ereignisgesteuert abgelegt werden. In welchem Maße und in welchen Gruppierungen Meßwerte ausschließlich ereignisgesteuert abgelegt werden und bei welchen Meßkanälen Mischformen zwischen dieser Ablage und einer Ablage in festem Zeitraster notwendig und möglich sind, sollte vorerst noch offen bleiben. Das Meßsystem muß aber beide Ablagewege offen lassen.

Neben der Synchronisierung für spätere Ereignis- oder Störungsanalysen dient die hohe Erfassungsfrequenz vor allem auch der Filterung störungsüberlagerter Meßkanäle. Solche Störungen können z.B. durch durchperlende Luft bei der Druckmessung oder

durch Airlifts verursacht sein. Eine Filterung über Mittelwertbildung oder Integration kann bereits im vordersten Bereich des Erfassungssystems auf Firmware-Ebene oder auch erst im Bereich der Anwender-Software in der Auswerte-Ebene erfolgen.

Ganz allgemein sollte mit kürzeren Erfassungsintervallen erreicht werden, daß neben dem aktuellen Ablauf der Prozesse, der über die Momentanwerte der Meßgrößen verfolgt werden kann, auch kurz- oder mittelfristige Veränderungen über Trendanalysen mit ausreichender Präzision ermittelt und frühzeitig steuernde Eingriffe in die Wege geleitet werden können.

Der Experimentiercharakter der Anlagen macht es erforderlich, daß die wesentlichen Parameter flexibel gehandhabt werden können. Neben der Art und Frequenz der Meßstellenabfrage und Meßwertübernahme gehören dazu Punkte wie

- Anzahl der Meßstellen bzw. Prozeßvariablen und
- Art und Umfang der Auswertung.

Diese Anforderungen schlagen sich nieder in der Wahl des Systems, dessen Hard- und Software modular aufgebaut und erweiterungsfähig sein muß, wobei die Software leicht mit Hilfe geeigneter Parameter konfiguriert werden können muß und über ein komfortables Dialogsystem verfügen und den Einsatz mindestens einer höheren Programmiersprache erlauben muß. Modellhafte Darstellungen des Prozesses auf der Bildschirm-Warte wie z.B. Fließbilder müssen bei Änderungen der Instrumentierung im Prozeßbereich leicht korrigiert werden können. Die höhere Programmiersprache für den Anwender ist notwendig, damit Auswertealgorithmen, die nicht durch die angebotenen Softwaremodulen abgedeckt werden, und erforderliche Systemerweiterungen vom Anwender selbst programmiert und in den Programmablauf des Systems über geeignete Schnittstellen eingebunden werden können.

Aus diesen Angaben geht hervor, daß nicht a priori ein festes Konzept für einen fixierten Prozeßablauf erstellt und danach ein System zur schlüsselfertigen Anlieferung bestellt werden kann, sondern daß für die Anwenderseite in verschiedenen Ebenen ausreichend Freiheitsgrade zur Modifikation gegeben sein müssen. Die verschiedenen Ebenen werden geprägt durch die jeweiligen Zuständigkeiten der an der Anlage beschäftigten Mitarbeiter. Sie reichen von dem Bereich, in dem direkt an der Warte Prozeßparameter wie Zeitmaßstäbe und Meßgrößenkorrelationen ohne spezielle

DV-Kenntnisse modifiziert werden, bis zu dem Bereich, in dem nach Änderungen in der Anlageninstrumentierung konsequenterweise Programm- und Systemmodifikationen vorgenommen werden.

Die Prozeßeinheiten sind nicht in jedem Fall alle an einem Ort konzentriert. Es kann daher sinnvoll sein, auch das Erfassungssystem in Subsysteme zu dezentralisieren. Als Konsequenz daraus ergibt sich, daß zumindest in der Aufbauphase und bei Störungen auch vor Ort Anzeige- und Manipuliereinheiten für Messungen und Diagnose ankoppelbar sein müssen.

Obwohl man sich von Seiten der zukünftigen Anwender darüber im Klaren war, daß die hier definierten Anforderungen, die in vielen Punkten von Anforderungen für eine Industrieanlage abweichen, nicht durch marktgängige Systeme vollkommen abgedeckt werden können, wurde, um eine möglichst kurze Implementierungsphase einhalten zu können, der Einsatz eines Systems angestrebt, das möglichst weitgehend den genannten Vorstellungen nahekommt. Zusätzliche Eigenentwicklungen würden wahrscheinlich in jedem Fall nötig sein und müssten ohne großen Aufwand eingebunden werden können. Sie sollten sich aber weitgehend nur auf die Bereiche beschränken, die aus der Benutzersicht spezielle Bedingungen an die Auswertung oder an die Bedienungsschnittstelle aufweisen.

Die Anforderungen der Benutzer an das Leitsystem, speziell an die Darstellung der Daten auf dem Bildschirm, werden erst nach und nach entwickelt aus den Erfahrungen, die im Umgang mit einem solchen Medium gewonnen werden.

Es muß ein Iterationsprozeß stattfinden zwischen den Vorstellungen, die sich an dem bisherigen konventionellen Betrieb orientieren und den Möglichkeiten, die marktgängige Produkte heute bieten bzw. die in einer Weiterentwicklungsphase absehbar sind.

3.2 Verfügbarkeit, Sicherheit

Die Anlagen werden nicht parallel betrieben. Das bedeutet, daß für den über mehrere Wochen sich erstreckenden Dauerbetrieb einer Anlage jeweils nur ein Meßwerterfassungssystem voll im Einsatz ist, wobei für diese Zeit eine besonders hohe Verfügbarkeit gewährleistet werden muß, da die Meßdatensicherung höchste Priorität besitzt.

Während der Betriebszeit einer Anlage sollen und können an den anderen Anlagen weniger zeitkritische Vorgänge wie z.B. Datenauswertungen und Test ablaufen.

Ein Prozeß soll nicht durch Störungen in Bereichen

- der Datenerfassung
- der Warte
- der Datenverarbeitung

unterbrochen oder abgebrochen werden müssen. Notfalls muß der Bediener die Anlage mit einem reduzierten Informationsangebot bzw. über die nicht in voller vorgesehener Tiefe aufbereiteten Prozeßdaten weiterfahren. Die vom Prozeß übernommenen Daten sollen dabei nach geeigneter Vorverarbeitung abgespeichert oder registriert werden, um für eine nachgezogene Auswertung zur Verfügung zu stehen.

Gegenüber vorhersehbaren Störungen ist so weit wie möglich unter vertretbarem Einsatz von zusätzlichen Mitteln Vorsorge zu treffen, um Ausfallzeiten ganz zu vermeiden oder auf ein minimales Maß zu reduzieren. Dazu gehören folgende Maßnahmen:

- weitgehender Netzausfallsschutz
- ausgefeilte Strategie einer Systemdiagnose und Fehlererkennung
- schnelle und zuverlässige Fehlerbeseitigung
- Einbau von Redundanzen in kritischen Bereichen.

Die Zeit zur Beseitigung der lokalisierten Fehler kann prinzipiell über zwei Wege kurz gehalten werden:

- systemimmanent über konsequente Anwendung der Modultechnik und
- über schnellen und umfassenden möglichst ortsnahen Service.

Störungen durch falsche oder unbefugte Eingriffe im Bereich der Warte sind durch Verriegelungsmechanismen und Plausibilitätsprüfungen auszuschließen oder zumindest weitgehend zu erschweren.

4. Systemkonzept

4.1 Prinzipielle Struktur

Der Einsatz eines rechnergestützten Meßdatenerfassungs- und Leit-systems als Ergänzung zu einer vorhandenen konventionellen Warte oder als deren Ersatz kann nach unterschiedlichen Konzepten erfolgen. Eckpunkte aller Überlegungen waren hierbei auf der einen Seite die gegebenen Voraussetzungen, daß der bisherige Ausbau der Prozeßinstrumentierung aus verschiedenen Gründen vorerst weitgehend beibehalten werden sollte, und auf der anderen Seite die Forderung, daß für die Auswertung der Meßdaten wie auch für zusätzliche Aufgaben ein erweiterungsfähiges Zentral-rechnersystem mit hoher Rechen- und Speicherverwaltungskapazität installiert werden sollte.

Die erstgenannte Voraussetzung schließt mit ein, daß die bisher in Handbetrieb gefahrenen Anlagen nicht auf volle Rechner- oder zumindest Fernsteuerung umgebaut werden können mit allen Konsequenzen, die sich daraus für eine Instrumentierung zur automatischen und kompletten Überwachung aller denkbaren Betriebs- und Fehlerzustände ergeben. Damit bleibt das Betriebspersonal nach wie vor im anlagennahen Bereich tätig, wo ein Teil der Stell-funktionen und verantwortliche optische Zustandsüberwachung weiterhin durchgeführt werden muß.

Aus Gründen der Sicherheit und der Verfügbarkeit wurden alle automatischen Steuerungsabläufe und Reglerfunktionen nicht in den Rechner gelegt, sondern durch Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) und Reglerbausteine ausgeführt bei manueller Stell- bzw. Sollwertvorgabe. Ebenfalls aus Sicherheitsgründen müssen zumindest die für den Schutz des Personals und die Sicherheit der Anlage maßgeblichen Meßwerte und Meldungen über eine konventionelle Wartentechnik zugänglich bleiben.

Zu einem späteren Zeitpunkt, wenn ausreichende Erfahrungen mit dem neuen System vorliegen, sollte darüber erneut diskutiert werden, ob die Stellwert- oder Sollwertvorgabe auch vom Leit-system aus erfolgen kann.

Unter diesen Voraussetzungen lagen die wesentlichen Komponenten der Systemstruktur fest (Abb. 4.1-1).

Offen blieb lediglich, wie weit die Bildschirmwarte ausgebaut wird, d.h. ob sie aus einem Terminal besteht, das an den Zentralrechner angeschlossen ist oder ob die reinen Wartefunktionen der Mensch-Maschine-Kommunikation aus dem Zentralrechner herausgenommen und auf einem speziellen vorgelagerten (Frontend-) Rechner abgewickelt werden. Das Erfassungssystem kann selbst intelligent sein oder in den Frontendrechner der Warte integriert sein.

Einzelne Komponenten wie die Bildschirmwarte und eventuell Teile des Erfassungssystems können mobil gehalten und zur jeweils in Betrieb gehenden Anlage transportiert werden.

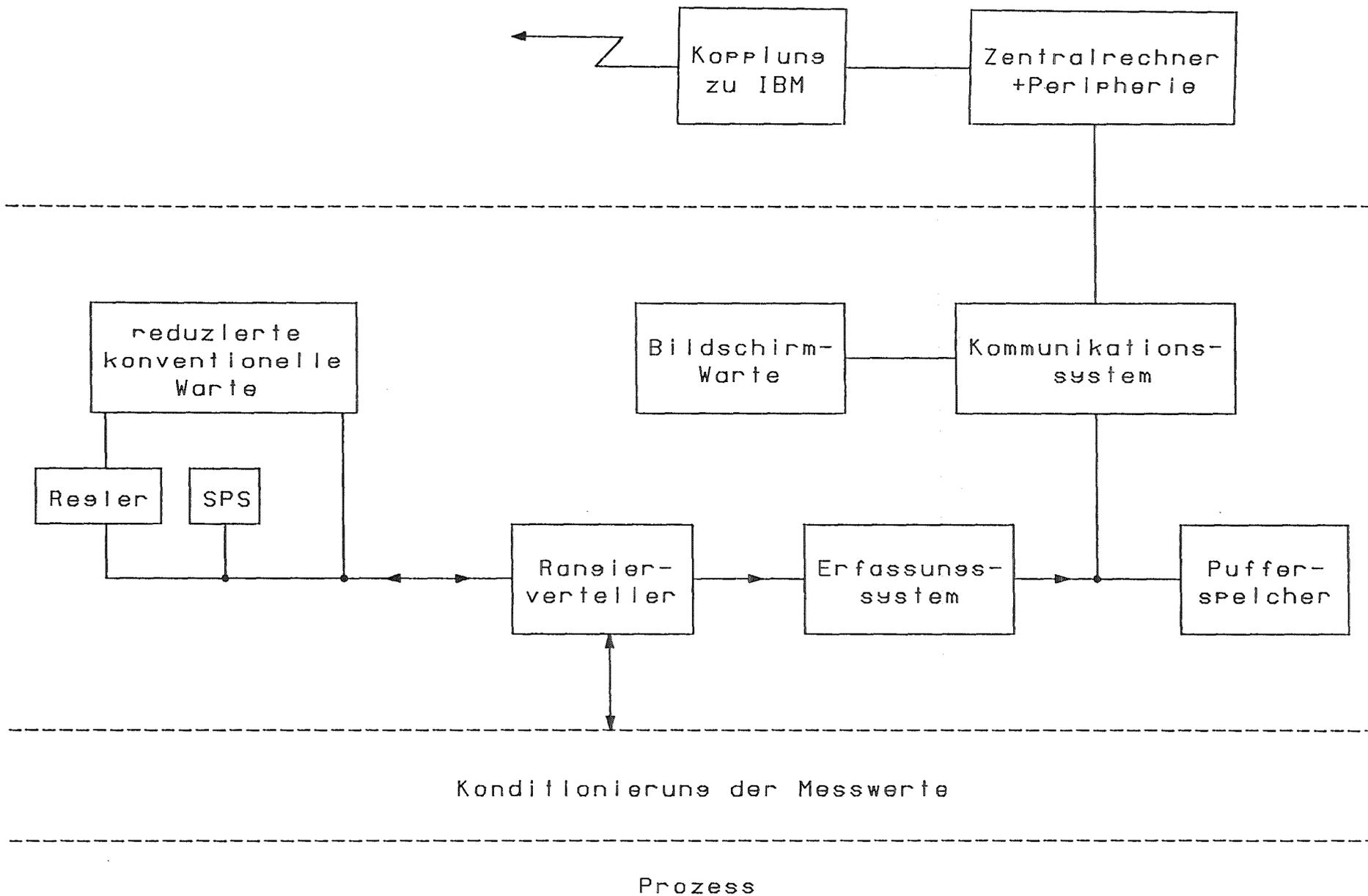


Abb. 4.1-1

Systemkonzept

Dieses Konzept hat folgende Vorzüge:

- Bei Ausfall einer Komponente kann der Prozeß weitergeführt werden, u. U. mit reduziertem Komfort und verminderter Datenmenge. Solange das Erfassungssystem intakt ist, können die Meßwerte übernommen, im Pufferspeicher abgelegt werden und der späteren Auswertung erhalten bleiben.
- Wichtige Meldungen können auf den beiden Warten generiert und miteinander verglichen werden.
- Während der Vorbereitungs- und Testphase steht auf jeden Fall die konventionelle Warte an der betreffenden Anlage zur Verfügung, auch wenn das rechnergestützte System gem. Kap. 4.3 noch oder schon den Betrieb einer anderen Anlage überwacht.
- Alle drei Anlagen sind während ihres Betriebes mit den gleichen Überwachungskomponenten ausgestattet.
- Es wird eine klare Trennung der Überwachungsfunktionen erzielt.

4.2 Optimale Konfiguration

Jede der drei Anlagen MILLI, PUTE und MINKA kann neben den bereits vorhandenen konventionellen Warten mit den in Kap. 4.1 skizzierten Systemteilen Erfassungssystem und Bildschirmwarte ausgestattet werden (Abb. 4.2-1). Allen drei Anlagen gemeinsam wäre dann nur der Zentralrechner. Ein Verbund kann über das erweiterte Kommunikationssystem hergestellt werden.

Die Anzahl der Bildschirmarbeitsplätze an den Konsolen richtet sich nach der Anzahl der Operateure, die in den einzelnen Prozeßphasen zeitgleich an der jeweiligen Anlage tätig sein müssen. Erfahrungsgemäß ist dabei die Inbetriebnahme (Anfahrphase) ausschlaggebend.

Die Installation einer solchen optimalen Konfiguration ist jedoch nur dann vertretbar, wenn die Anlagen zeitgleich betrieben werden oder zumindest sich überschneidende Phasen (Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Kampagne) den ganzen oder größten Teil der vorgesehenen Komponenten beanspruchen.

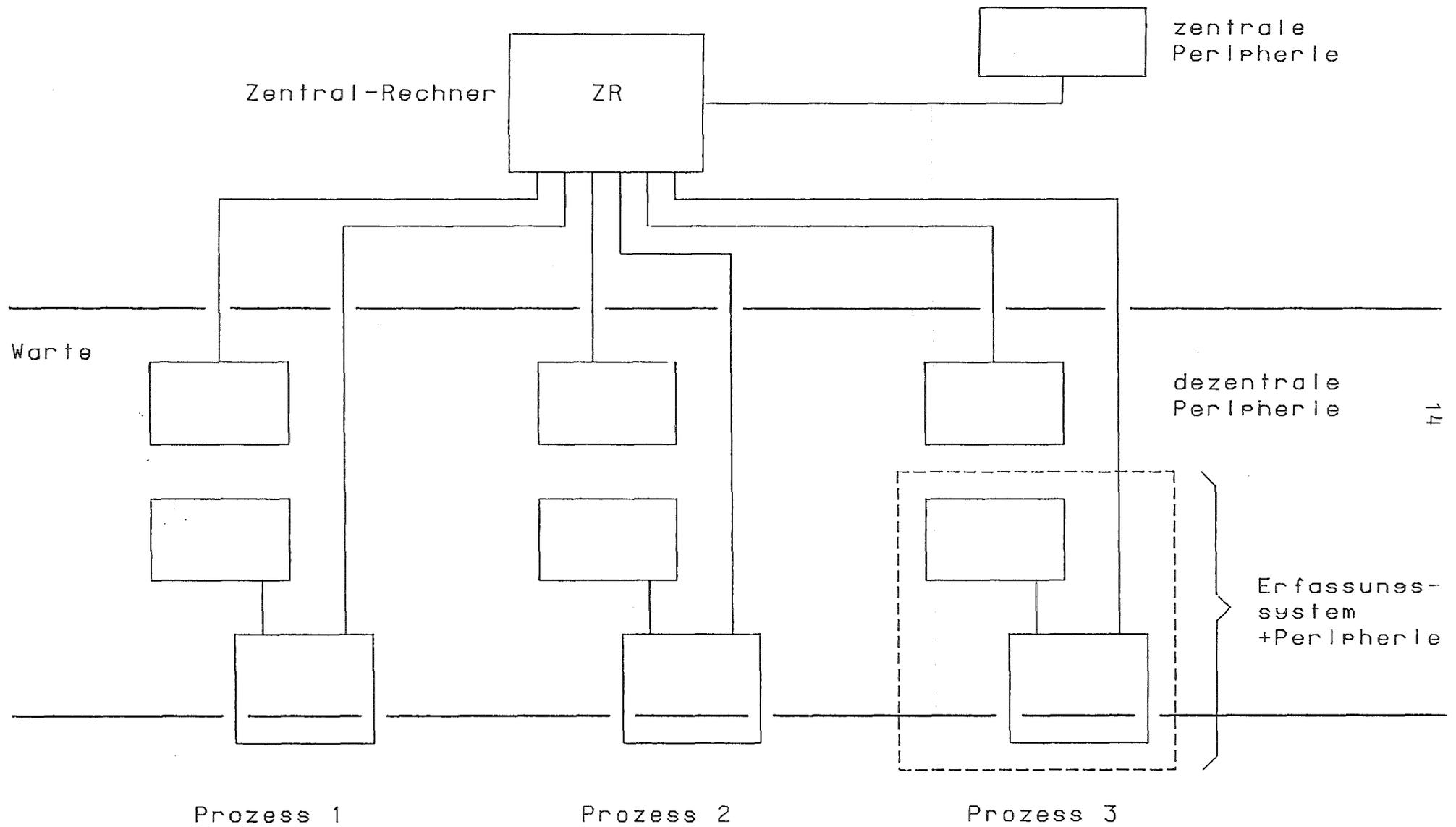


Abb. 4.2-1

Optimale Konfiguration

4.3 Mögliche Reduktionen unter Berücksichtigung der innerbetrieblichen Gegebenheiten

Im Gegensatz zu einem System, das einem auf längere Zeit kontinuierlich ablaufenden Prozeß zugeordnet ist, war hier ein System zu konzipieren, das Versuche von relativ kurzer Dauer (3 bis 4 Wochen, zusätzlich 2 bis 3 Wochen für An- und Abfahrphase) überwachen sollte. Beide Prozeßtypen benötigen die gleichen leittechnischen Funktionen, die von speziellen Rechenprozessen (Tasks) auf gleichen oder unterschiedlichen Systemebenen wahrgenommen werden können. Während der kontinuierliche Prozeß ständig neue Daten liefert, die in einer ersten Systemebene erfaßt und, bezüglich der Anzahl der Datenkanäle verdichtet, einer hierarchisch übergeordneten Auswerteebene zugeführt werden, sind die Funktionen der Erfassung und Auswertung bei den hier betrachteten diskontinuierlich laufenden Anlagen weitgehend zeitlich aufteilbar. Das bedeutet, daß während des Versuchsablaufs die sichere und vollständige Erfassung der Daten im Mittelpunkt steht; die Auswertung der zeitlich verdichteten Daten kann im Anschluß an einen Versuch im Prinzip auf der gleichen Systemebene durchgeführt werden wie vorher die Datenerfassung.

Davon darf nicht die Auswertung betroffen sein, die für die Fortführung des Prozesses oder die Beurteilung des bisherigen Versuchsablaufes notwendig ist. Auswertungen, für die alle Eingangsdaten wie Meßdaten und Labordaten vorhanden sind, sollten deshalb möglichst schon während des Prozeßablaufes durchgeführt werden.

Aus mehreren Gründen ist es dennoch sinnvoll, die Funktionen auf verschiedene Ebenen aufzuteilen. Zum einen können für die unterschiedlichen Aufgabenstellungen unter den Gesichtspunkten der Zuverlässigkeit, der Rechenkapazität und der Verfügbarkeit der Betriebsmittel passend ausgelegte Systemkomponenten eingesetzt werden und zusätzliche parallel zur Erfassung zu betreibende Aufgaben wie z.B. die (zu einem späteren Zeitpunkt denkbare) Übernahme von Steuerfunktionen oder die Modellrechnung bzw. der Anschluß des Analytiklabors den dafür geeigneten Ebenen zugewiesen werden. Zum anderen ist eine aus Gründen der Verfügbarkeit redundante Ausstattung des Systems nur für die Datenerfassung notwendig und damit kostengünstiger durchzuführen, wenn

lediglich ein im Vergleich zu einem Zentralrechner mit hoher Verarbeitungskapazität billiger Erfassungsrechner doppelt beschafft wird. Im übrigen kann ein in Einzelkomponenten zerlegbares System leichter der Prozeßtopologie mit verteilten Bearbeitungsbereichen angepaßt und bei den räumlichen Gegebenheiten im Institut untergebracht werden.

Die drei Prozeßanlagen besitzen zwar unter anderem der räumlichen Entfernung wegen je eine eigene Warte, sind jedoch aus verschiedenen Gründen nie zeitlich parallel in Betrieb. Deshalb schien es sinnvoll zu sein, Teile des Erfassungssystems außerhalb der unmittelbaren Prozeßnähe sowie die Bildschirmkonsole mobil zu halten, um diese in den Betriebspausen umzusetzen und an den in der nachfolgenden Kampagne betriebenen Prozeß anzuschließen. Solche mobile Einheiten können doppelt beschafft werden und im Störfall als Austauschseinheiten zur Verfügung stehen.

5. Aufgabenbeschreibung

Die Betreiber der prozeßtechnischen Anlagen benutzen die Informationen, die sie aus den Anlagen beziehen, in zweierlei Hinsicht. Einerseits lassen sie sich über den jeweiligen Zustand der Anlage ins Bild setzen, vergleichen die Ist-Werte mit den Soll-Werten, um eventuell steuernd eingreifen zu können, wenn Toleranzgrenzen überschritten werden. Andererseits sind sie als Experimentatoren am Verlauf und Ergebnis des chemischen Prozesses bei der jeweils vorgegebenen Anlagenkonfiguration interessiert.

Vor jeder in sich geschlossenen Ablaufphase (Zyklus) wird ein Fließschema erstellt, das geeignet ist, die zur Verarbeitung vorgesehene Quellsubstanz in ihrer jeweils speziellen chemischen Zusammensetzung optimal im Sinne des Experiments zu verarbeiten. Dieses Fließschema läßt sich über das aus dem RI-Schema der Anlage entwickelte Fließbild generieren durch entsprechende Steuerung und Schaltung der den Materialfluß beeinflussenden Komponenten, wie Ventile und Pumpen sowie durch Vorgabe physikalischer Prozeßgrößen wie z.B. Temperaturen. Der Einhaltung dieser vorgegebenen Bedingungen dient die eine der angeführten Informationskategorien.

Die andere Kategorie dient vornehmlich der Versuchsauswertung. Dazu gehört nicht nur der Vergleich der Bilanzen der interessierenden Stoffmengen vom Anfang und vom Abschluß des Experiments, sondern auch eine den Experimentablauf ausreichend genau beschreibende Anzahl von Zwischenbilanzen. Deshalb müssen die für die Bilanzierung wichtigen Größen wie Stoffkonzentrationen und Mengen in dem Ablaufverhalten angemessenen Intervallen bestimmt und registriert werden. Daß dabei die Summe aller Eingangsmengen, aufgeschlüsselt nach den interessierenden chemischen Substanzen, nicht unbedingt gleich der Summe der entsprechenden Ausgangssubstanzen in einer definierten Bilanzierungszone ist, liegt daran, daß mehrere systemimmanente Fehlerursachen auf die Ergebnisergebnisgewinnung einwirken, die durch aufwendigere Instrumentierung und ausgeklügelte Korrekturverfahren gegebenenfalls eingeschränkt, aber nicht vollkommen ausgelöscht werden können. Solche Bilanzierungsdifferenzen können verursacht werden z.B. durch Meßungenauigkeiten bei der Materialflußbestimmung oder durch Analysefehler. Eine rechnergestützte Datenerfassung und -auswertung kann durch das dann in größerer Menge als bisher zur Verfügung gestellte Datenmaterial einen Beitrag dazu leisten,

daß diese Fehlerursachen weiter eingeschränkt werden. Die schnellere Ergebnisermittlung soll aber auch dazu führen, direkter als bisher durch gezielte Eingriffe in den Prozeßablauf Korrekturen im Sinne des vorgegebenen Versuchszieles zu ermöglichen.

5.1 Meßverfahren

In den drei prozeßtechnischen Anlagen MILLI, PUTE und MINKA werden im wesentlichen die gleichen Meßverfahren zur Gewinnung der für die Prozeßbeobachtung und Auswertung erforderlichen Informationen eingesetzt. Unterschiede ergeben sich lediglich dort, wo "gewachsene" Instrumentierung beibehalten werden muß und nicht ohne großen Aufwand neueren Entwicklungen angepaßt werden kann oder wo prozeßinterne Gründe spezielle Verfahren erforderlich machen.

Die Verfahren, die zur Gewinnung der aktuellen Werte der interessierenden Prozeßgrößen führen, können nach Art ihrer Übernahme in das Rechnersystem in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Diese sind

- in line - Messungen,
bei denen das Erfassungssystem über Geber direkt an den Prozeß angekoppelt ist und im selbst vorgegebenen Abfragetakt die Werte analoger Geber oder den Zustand binärer Geber übernimmt. Dabei ist unerheblich, ob nach Kriterien, die in der systeminternen Auswertung beruhen, Meßkanäle zeitweise inaktiviert werden oder Filterungsmaßnahmen eine Auswahl unter den anstehenden Werten treffen. Zusätzlich unterschieden wird dabei zwischen
- direkten Messungen
bei denen dem einzelnen Meßkanal eine bestimmte Prozeßvariable, d.h. ein die Meßgröße und die durch die Größe definierte Meßwerttabelle bezeichnender Name zugeordnet wird und
- indirekten Messungen,
bei denen die Prozeßvariable erst durch die Berechnung nach einem vorgegebenen Algorithmus aus den Werten verschiedener Meßkanäle ermittelt wird.

Eine direkte Messung liegt auch dann vor, wenn der gemessene Wert mit Hilfe fest parametrierter Verfahren wie Tabellen oder Linearisierungsgleichungen korrigiert wird.

Eine weitere Kategorie schließt die Meßwertübernahme aus

- vorgeschalteten Meßgeräten
ein. Hierbei handelt es sich um autonome Geräte, die in eigener Regie in-line-Messungen durchführen und nach der Ermittlung der Ergebnisse einen Transfer in das Rechnersystem veranlassen.

Ein Sonderfall ist dabei die

- Übernahme von Daten aus dem Bereich der (konventionell ausgestatteten) Back-up-Warte, da hier nicht nur Meßwerte, im wesentlichen Alarmmeldungen, übergeben werden, sondern auch manuell dort eingestellte Sollwerte für die kompakten autonomen Regler, die in Form von Hardware-Reglern oder als speicherprogrammierte Steuerungen (SPS) vorliegen können.

Eine letzte Kategorie bildet die

- manuelle Eingabe abgelesener Meßwerte, bei der die Prozeßoperatoren als Mittler fungieren und die in einem mehr oder weniger groben Zeitraster notierten Meßwerte, z.B. Flußwerte von nicht oder nur unter größerem Aufwand an das System direkt anschließbaren Anzeigeinstrumenten, über das Terminal am Leitstand im Dialogverfahren kontrolliert zusammen mit Orts- und Zeitangaben eingeben. Dazu gehören aber auch Analysewerte, die im Analyselabor aus denjenigen Materialproben ermittelt werden, die zuvor aus dem Prozeßbereich mit genauen Identifizierungsangaben versehen eingeliefert worden waren.

Dieser Aufteilung entsprechend lassen sich die nachfolgend aufgezählten Prozeßgrößen zum Teil verschiedenen Kategorien zuordnen.

- Temperatur:
in line-Messung

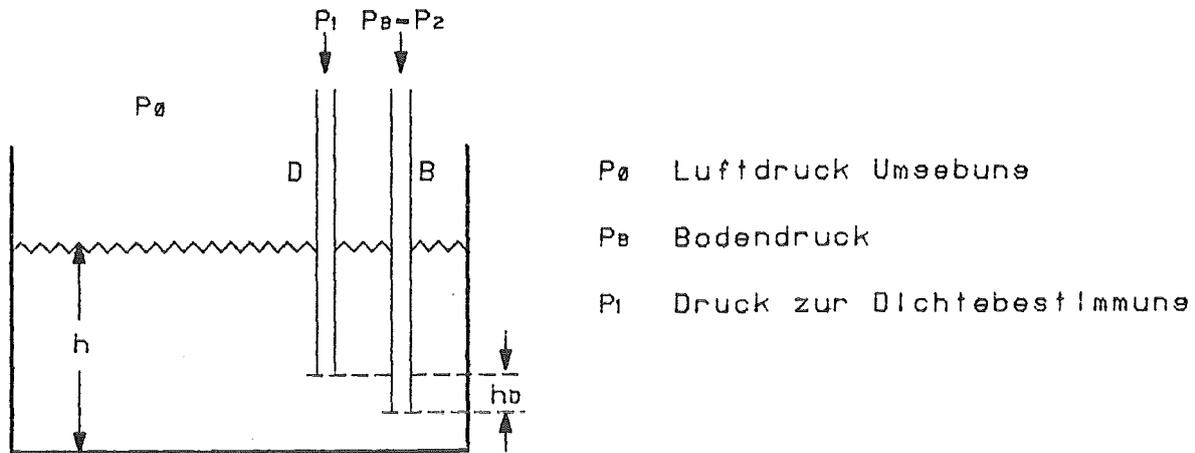
- Dichte der Prozeßlösung:
indirekte inline-Messung über Druckdifferenz und Temperatur, dient als Hilfsgröße bei der Berechnung der Füllvolumina der Behälter und bei der Massenbilanzierung
- Füllvolumen der Behälter:
indirekte in line-Messung über Druckdifferenz und Dichte mit Korrektur über behälterspezifische Eich-tabelle.
- Materialfluß:
entweder Messung des Materialdurchsatzes mit Hilfe von Meßbüretten innerhalb oder außerhalb der Transferstrecke und manuelle Eingabe des gemessenen Volumenwertes und der Meßzeit, danach Umrechnung in Flußwert,
oder Messung mit kontinuierlichen Flußmessern, deren Meßwerte abgelesen und manuell eingegeben werden oder die direkt an das Erfassungssystem angeschlossen sind (in line-Messung).
Indirekt werden Flüsse bestimmt über Füllvolumen-Differenzen.
- Konzentrationswerte:
Ermittlung im analytischen Labor und manuelle Eingabe.
- Masse:
Waagen als vorgeschaltete intelligente Meßgeräte liefern über serielle Schnittstellen nach Abschluß des Wägevorganges Daten an das Erfassungssystem.
- α -Strahlung:
 α -Monitore sind in PUTE als autonome in line-Meßgeräte eingesetzt. Der integrierte Intensitätswert kann in analoger oder digitalisierter Form vom Erfassungssystem übernommen werden.
- andere Prozeßgrößen
die zur Zeit noch nicht, möglicherweise aber zu einem späteren Zeitpunkt für die rechnergestützte Erfassung vorgesehen sind. Darunter können Pulsketten fallen, die über Zählerstufen zu erfassen sind.
- binäre Zustandsmeldungen:
in line-Signalgeber liefern Informationen über Armaturenstellungen, Betriebszustände von Aggregaten und Grenzwertüberschreitungen. Indirekt können durch logische Verknüpfungen z.B. Durchschaltungen von Transferstrecken abgeleitet werden.

- Daten aus der Back-up-Warte:
in der Regel werden an das Erfassungssystem Alarmmeldungen geliefert, damit diese an der Bildschirmkonsole angezeigt und eventuell mit parallel ermittelten Zustandsmeldungen verglichen werden können.

Die Meßverfahren einiger der angeführten Prozeßgrößen bedürfen einer näheren Erläuterung, da durch sie wesentliche Parameter des Erfassungssystems definiert werden.

- Temperatur
Temperaturwerte werden in der Regel über Thermoelemente gemessen und in linearisierter Form als Ströme in Bereich 4...20 mA angeboten.
- Dichte der Prozeßlösung
Sofern die Dichte als Hilfsgröße zur Bestimmung des Füllvolumens in einem Behälter dient, wird ihre Ermittlung dort beschrieben. Zur Massenbilanzierung müssen jedoch auch die Inhalte der Extraktionsapparate (Mischabsetzer-Batterien bei MILLI, Kolonnen bei PUTE und MINKA) mit einbezogen werden. Bei bekanntem Füllvolumen wird die integrale Dichte aus der durch Wägung ermittelten Lösungsmasse bestimmt.
- Füllvolumen der Behälter
Da die Füllvolumina der Lösungsbehälter nicht direkt erfaßt werden können, müssen sie auf dem Umweg über den Füllstand ermittelt werden. Der Füllstand wiederum ergibt sich als Resultat einer Berechnung aus Bodendruck und Dichtewert, wobei die Dichte selbst aus der Druckdifferenz zweier Niveaus mit konstantem Abstand bestimmt wird. Die Beziehungen zwischen diesen Größen werden wie folgt unter der Annahme hergestellt, daß die Dichte- und Temperaturverteilung im Behälter homogen ist.
Die Druckmessung erfolgt über ein Tauchrohr, in das Luft so lange eingedrückt wird, bis die Flüssigkeit daraus vollkommen verdrängt ist und die Luft am unteren Ende herausperlt. Dann ist der Druck der Luft gleich dem Flüssigkeitsdruck im Niveau des unteren Rohrendes.

Differenzdruckmethode ueber Tauchrohre



Auf dem Bodenniveau eines mit einer Flüssigkeit der Dichte ρ bis zur Höhe h gefüllten Behälters herrscht der hydrostatische Druck

$$P_B = h \cdot \rho \cdot g + P_0$$

wobei p_0 der auf die Oberfläche der Flüssigkeit wirkende Druck und g die Erdbeschleunigung ist. Mit dem gemessenen Wert der Druckdifferenz $p_B - p_0$ kann die Füllhöhe aus

$$h = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{P_B - P_0}{g}$$

ermittelt werden. Die Dichte wird aus einer zusätzlichen Druckdifferenzmessung zwischen zwei Niveaus mit konstantem Abstand h_D bestimmt:

$$(P_2 - P_0) - (P_1 - P_0) = h_D \cdot \rho \cdot g$$

ergibt

$$\rho = \frac{1}{g} \cdot \frac{(P_2 - P_0) - (P_1 - P_0)}{h_D}$$

oder, wenn $p_2 = p_B$,

$$\rho = \frac{1}{g} \cdot \frac{(P_B - P_0) - (P_1 - P_0)}{h_D}$$

Über eine Eichkurve oder -tabelle, die das Volumen des in der Regel unregelmäßig geformten Behälters mit der Füllhöhe in Beziehung setzt, kann dann das Füllvolumen bestimmt werden.

- Materialfluß

Der Materialfluß wird manuell gesteuert über Pumpen und Ventile in den Transferleitungen. Während die Ventile nur binär Transferwege sperren oder freigeben, kann die Leistung der Pumpen in gewissen Grenzen gesteuert werden: bei den Motorpumpen über die Drehzahl, bei Membranpumpen über Frequenz und Hub und bei Airlifts über die durchströmende Luftmenge. Diese Parameter können zur Schätzung der Menge der durchströmenden Lösung herangezogen werden. Die tatsächlich durch die Leitung fließende Lösungsmenge wird über Meßbüretten (s. oben) oder Flußmesser ermittelt. Diese Informationen sind wichtig für die Einstellung des Prozeßablaufes und für die Kontrolle der Transferfunktionen. Für die Bilanzierung des Materialflusses, aufgelöst nach einzelnen Substanzen, ist jedoch nur die Volumenbilanz der Behälter und das Ergebnis der Konzentrationsanalysen aus Materialproben, jeweils bezogen auf bestimmte Zeitpunkte, interessant.

- Konzentrationswerte

Im regelmäßigen zeitlichen Abstand werden über Probenahmestellen an den Behältern Materialproben gezogen und, mit Angaben zur Zeit und zum Ort der Probenahme eindeutig identifiziert, dem Analyselabor zugeleitet. Die Auswertung der Meßergebnisse geht in die Massenbilanz ein oder kann sich auch in Konzentrationsprofilen einzelner Reaktionsbehälter (Kolonnen) niederschlagen.

- Masse

Zur integralen Dichtebestimmung des Kolonneninhalts (PUTE) werden die Kolonnen gewogen. Die auf den Inhalt bezogenen Massewerte werden über autonome intelligente Auswertegeräte ermittelt. Diese Werte können vom Erfassungssystem über serielle Schnittstellen gemäß einer vorgegebenen Prozedur übernommen werden.

- α -Strahlung

Die zwei α -Monitore an der PUTE /5/ dienen der in line-Überwachung je einer festgelegten Meßstelle. Per Handsteuerung kann als Reaktion auf die Meßwerte (integrierte Intensitätswerte) in den Prozeß eingegriffen werden mit dem Ziel, die Konzentration der die α -Strahlung verursachenden Stoffkomponenten (hier: Plutonium) konstant zu halten. Die Ermittlung eines Meßwertes dauert je nach Zählrate und statistischer Genauigkeit maximal 10 Minuten; das Ergebnis liegt zuerst in digitaler Form vor, wird dann über einen DA-Wandler in ein Analogsignal umgewandelt und durch einen Analogschreiber aufgezeichnet.

Der Meßwert kann zusätzlich in digitaler oder analoger Form dem Erfassungssystem zur Verfügung gestellt werden.

- binäre Zustandsmeldungen

Diese Signale stammen zum größten Teil aus dem Bereich der Transferleitungen und geben die Stellung der Ein- oder Zweiventile an oder geben Aufschluß darüber, ob die Pumpen und Airlifts in Betrieb sind. Aus dem Bereich der Behälter wird gemeldet, ob die Rührluft eingeschaltet ist und ob der maximale Füllstand erreicht ist. Kritische Zustandsmeldungen müssen als direkte Alarmmeldungen besonders behandelt, also z.B. über Interrupteingänge dem Erfassungssystem zugeführt werden und zusätzlich an der back-up-Warte angelegt sein.

Anhand der Füllvolumina der Flüssigkeitsbehälter kann die Problematik der Messung scheinbar kontinuierlich sich verhaltender Prozeßgrößen über bestimmte Prozeßabschnitte erläutert werden. Unter der Voraussetzung eines konstanten Zu- oder Abflusses läßt sich eine kontinuierliche Änderung, bei gleichzeitigem gleichgroßen Zu- wie Abfluß sogar eine Konstanz des Füllvolumens vorhersagen. Ein solches ideales Verhalten wird jedoch im realen Betrieb von verschiedenen Effekten überlagert:

- Zu- oder Abfluß ist abhängig von dem Verhalten der Fördergeräte (Pumpen, Airlift), vom Füllstand der abfließenden Flüssigkeit und vom Leitungswiderstand.
- Nach dem Schalten von Aggregaten in den Leitungen (Pumpen, Ventile) bestimmen Einschwingungsvorgänge das Flußverhalten.

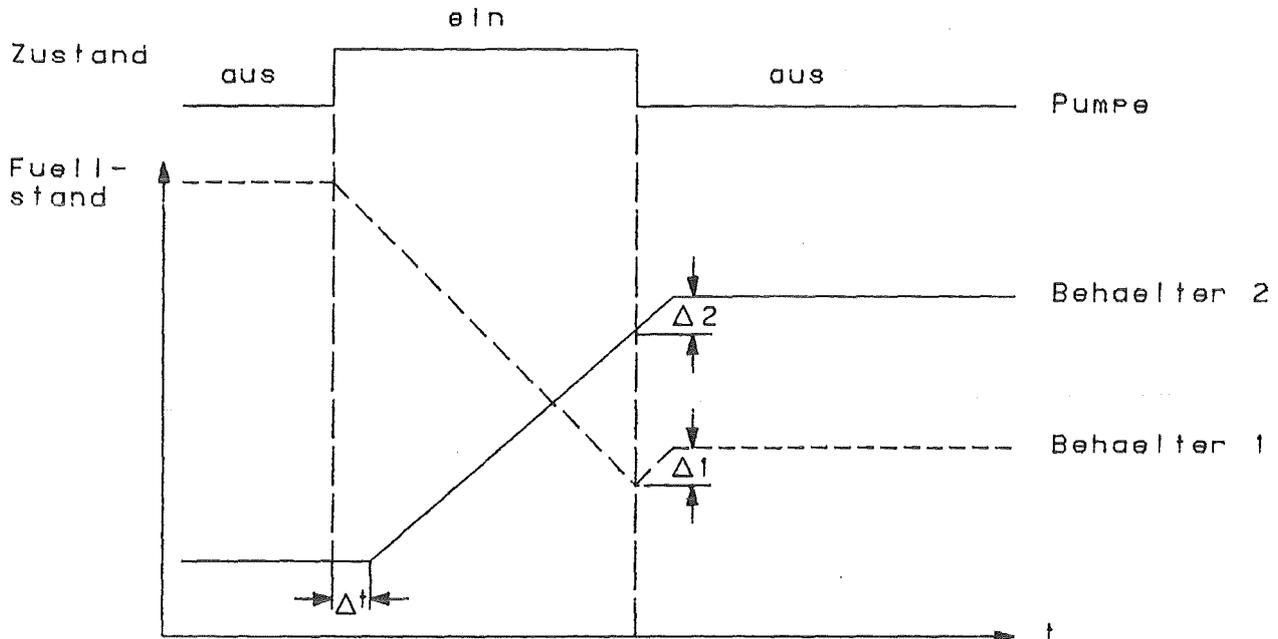
- Temperatur- und Dichteschwankungen des zufließenden Materials führen zu zeitlichen und örtlichen Inhomogenitäten, die sich durch Messung und Korrekturrechnungen nicht vollkommen kompensieren lassen.
- Eine Homogenisierung des Behälterinhaltes bezüglich der Dichte und der Temperatur soll mit Hilfe durchperlender Luft (Mischer-Luft) erreicht werden. Diese und die zur Druckmessung durch die Tauchrohre einperlende Luft versetzen die Flüssigkeitsoberfläche in ständige Bewegung.
- Die Eichkennlinie zur Bestimmung des Füllvolumens aus dem aus der Messung ermittelten Füllstande ist nicht in allen Bereichen ausreichend genau über eine begrenzte Anzahl an Stützpunkten zu definieren.

Die aus einigen dieser Störungseinflüsse resultierenden Fehler können durch geeignete Maßnahmen bei der Messung oder Meßwertverarbeitung eingeschränkt oder eliminiert werden.

- Die Einflüsse durchperlender Luft lassen sich durch Mittelwertbildung über der Minuten-Zeitbasis bei einer Meßrate von $\leq 1/\text{sec}$ ausgleichen. Die so ermittelten Werte werden als Rohwerte für die weitere Verarbeitung übernommen.
- Die Inhomogenitäten der Dichte- und Temperaturverteilung sowie die Einschwingungsvorgänge und Fehler aus der Eichkennlinie können über eine gleitende Mittelwertbildung über einer noch zu bestimmenden Anzahl von Minuten-Meßwerten an Einfluß verlieren.
Inhomogenität des Behälterinhaltes ist nicht gegeben bei Feedbehältern, wohl aber bei Raffinatbehältern während der Zeit der Gleichgewichtseinstellung in der Anfahrphase des Prozesses und nach einer Änderung der Prozeßparameter.

Eine weitere Fehlerquelle für die Volumen-Bilanzierung bildet das Transfersystem mit Leitungen, Ventilen und Pumpen. Wenn das System vor einem Transfer leer war, nimmt es während des Transfers einen Teil der Lösungsflüssigkeit auf und dieser Teil wird der Bilanzierung entzogen. Dieser Fehler kann dadurch korrigiert werden, daß die Volumenmenge gemessen wird, die nach dem Start des Transfers aus dem Quellbehälter (Behälter 1 im Bild) während der Zeitspanne Δt abfließt, nach der der Flüssigkeitsspiegel in Behälter 2 zu steigen beginnt. Weniger leicht zu korrigieren ist

der Fehler, der sich daraus ergibt, daß nach dem Abschalten einer Pumpe (Airlift) sich das Transfersystem entleeren kann und damit den Füllstand in einem oder in beiden angeschlossenen Behältern noch weiter ansteigen läßt (um $\Delta 1$ bzw. $\Delta 2$ im Bild).



Eine Relativierung der Meßfehler bei der Füllstandsbestimmung läßt sich aus folgenden Angaben gewinnen:

Bei PUTE beträgt das Fassungsvermögen

- bei Slap-Behältern mit 1600 mm Füllhöhe 120 l
- bei anderen Behältern mit 1000 mm Füllhöhe 250 l

Eine Ungenauigkeit der Füllstandsmessung von 1 mm führt damit zu einer Unsicherheit der Füllvolumenangabe

- bei Slap-Behältern von 75 ml
- bei anderen Behältern von 250 ml

Diese Flüssigkeitsmengen werden je nach Transferdurchsatz in 10 bis 120 sec. gefördert. Innerhalb dieser Zeitspanne ist nicht mit einer meßbaren Änderung der Fördergeschwindigkeit zu rechnen. Die Mittelwertbildung über 1 Minute bei einer Abfragerate von 4/sec, also über 240 Werte, ergibt damit Füllstandsänderungen zwischen 0,25 und 3 mm, also im Bereich der Genauigkeit der ungefilterten Werte.

5.2 Meßstellen

Wie schon in vorausgegangenen Kapiteln beschrieben, gelangen Daten nicht nur auf direktem Wege aus in-line-Meßstellen in das Rechnersystem. Diese Daten stellen zwar den Hauptanteil, aber zur Auslegung des Systems müssen die anderen Schnittstellen ihrer Abweichung gegenüber den "normalen" Meßkanälen wegen besondere Berücksichtigung erfahren. Hierunter fallen, wie im Schema in Abb. 5.2-1 angegeben, in der prozeßnahen Ebene die Meßwerte aus den vorgeschalteten Meßgeräten, z.B. aus den α -Monitoren, die synchronisiert übergeben werden müssen, und aus der konventionell instrumentierten Back-up-Warte dort gebildete Alarminformationen und, bei Bedarf, die manuell eingestellten Leit- oder Sollwerte und Stellwerte. Hierbei muß im Einzelfall und in Abhängigkeit von den möglichen Schnittstellen des Erfassungssystems überprüft werden, in welcher Form sowohl digital als auch analog angebotene Signale übernommen werden: in analoger Form wird nur ein Kanal einer I/O-Karte belegt; der Wert muß dann aber erneut digitalisiert werden. In digitaler Form wird durch einen Meßkanal eine gesamte I/O-Karte mit in der Regel 16 Binärkanälen belegt. Damit wird jedoch eine doppelte Umwandlung mit ihren Fehlereinflüssen vermieden.

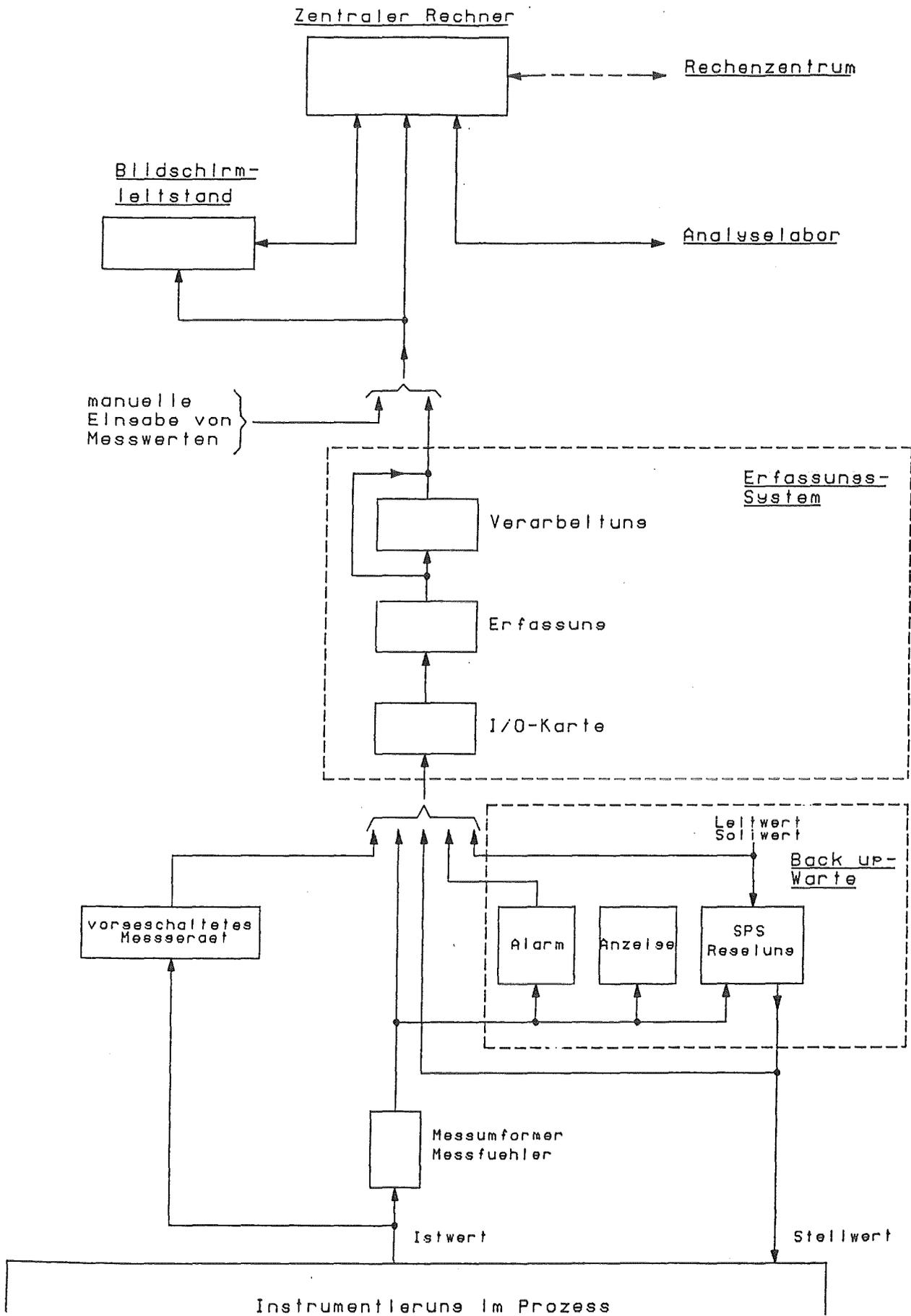


Abb. 5.2-1 Schema der Datenschnittstellen

In der dem Leitstand nahen Ebene werden über die Konsolentastatur die an Instrumenten abgelesenen Meßwerte eingegeben. Das Format wird über einen rechnergeführten Dialog definiert und überwacht. Die Meßergebnisse der im Analyselabor untersuchten Proben des Prozeßmaterials werden über das Kommunikationssystem zwischen Zentralrechner und Labor angeliefert. Hardwaremäßig geschieht das über verschiedene im Labor installierte Terminals. Softwaremäßig werden die Laborergebnisse im Zentralrechner aus der Datenbank des Labormanagementsystems in die Datenbank des Prozeßleitsystems übertragen.

Die Gesamtheit der Meß- und Informationskanäle zusammen mit den jeweiligen Erfassungsparametern liefert das aus den einzelnen Auslegungsblättern zum Prozeßbereich ermittelte Mengengerüst. Die charakteristischen Angaben zu den Variablen müssen eine vollständige Konfigurierung der Meßkanäle sowohl auf dem Gebiet der Hardware als auch im Bereich der Software möglich machen. Das beginnt bei der physikalischen Beschreibung der Meßstelle und ihrer eindeutigen Identifizierung, setzt sich fort über Angaben zum Meßfühler und Meßumformer, die Bezeichnung der I/O-Ports und endet bei den Vorschriften zur Aufbereitung der Rohwerte zu Fertigwerten, die dann in einem den Prozeßzustand in einem bestimmten Zeitabschnitt charakterisierenden Datensatz, dem Prozeßzustandsspiegel abgelegt werden. Dieser Prozeßzustandsspiegel bildet die Grundlage für alle weiteren Verarbeitungsschritte. Darunter fallen Ableitungen von Warnungs- und Alarmmeldungen, sofern diese nicht schon auf niedriger Ebene gebildet wurden, die Berechnung abgeleiteter Größen (Berechnungsvariablen), Untersuchung auf Plausibilität, fortlaufende Mittelwertbildung, Interpolation zur Bildung von zeitkonformen Zustandsdiagrammen und andere Maßnahmen, die der Prozeßverfolgung aus der Sicht des Experimentators dienen.

Diesem steht damit ein Zustandsspiegel höherer Ordnung zur Verfügung, mit dessen Hilfe er eine direkte Auswertung über den Bildschirm vornehmen kann oder den er für eine spätere Versuchsauswertung als historischen Datensatz in der Datenbank ablegt. Für Protokolle können die Daten aus verschiedenen Verarbeitungsschritten herangezogen werden.

5.3 Allgemeine Prozeßanforderungen

Auf Messungen, die direkt von der Dynamik der Prozeßströme beeinflußt werden wie Flüssigkeitsspiegel, Dichteverteilung und Durchfluß, wirken als Störungen Effekte ein, die von Pumpen und Rührmechanismen bzw. vom Zufluß von Material unterschiedlicher Konsistenz herrühren.

Diese Störeinflüsse müssen durch geeignete Filtermaßnahmen wie z.B. Glättung über Mittelwertbildung eliminiert werden oder, wenn es der Ablauf zuläßt, durch Abschalten der die Störungen verursachenden Geräte während der Messung.

Eine Synchronisation zwischen Gerätebetrieb und Messung kann entweder dadurch erfolgen, daß der Rechner den Zeitablauf vorgibt und die Gerätesteuerung voll übernimmt, oder dadurch, daß er den Betriebszustand der Geräte überwacht und die Meßzeiten daraus ableitet.

Aus der Dimensionierung der Anlagenstrukturen und Aggregate und aufgrund der bereits gewonnenen Erfahrungen beim Betrieb der Anlagen können die Änderungsgeschwindigkeiten der meisten Meßgrößen ziemlich genau abgeschätzt werden. Bei der vorgegebenen Auflösung lassen sich daraus die jeweiligen Erfassungszyklen für die Analogwerte bestimmen. Es erscheint als ausreichend, wenn in der Regel einmal pro Minute ein Meßwert für die Weiterverarbeitung übernommen wird. Meßwerte, die vorab (digital) gefiltert werden müssen, wie z.B. bei Druckmessungen wegen der durch die Flüssigkeit durchperlenden Luft, werden mit einer wesentlich über dieser Ablagerate liegenden Abfrage- oder Scan-Rate erfaßt und über Mittelwertbildung oder Integration geglättet. Bei einer Scan-Rate von 1 sec. wird somit der Ablagewert aus 60 Meßwerten ermittelt.

Die 1-Minuten-Rohwerte sollten während einer 8-Stunden Periode aufbewahrt werden. Anschließend können sie auf eine minimale Zeitbasis von 10 bis 15 Minuten komprimiert und abgelegt werden, sofern während dieser Zeit eine Wertänderung eine vorgegebene Gradientenschwelle überschritt. Bei Änderungen, die kleiner als diese vorgegebene Schwelle sind, wird der komprimierte Wert nicht gespeichert. Für die Probenahme und die Eingabe der Flußmessungen war bisher ein Zeitintervall zwischen 2 und 4 Stunden vorgesehen.

Füllvolumina verändern sich zwischen einzelnen Statusmeldungen nicht exakt linear und damit nicht interpolierbar. Die entsprechenden Meßwerte müssen, damit sie in ausreichender Genauigkeit in die Auswertung übernommen werden können, mit einer Frequenz erfaßt und abgelegt werden (ca. 1/Minute), die höher liegt als die durchschnittliche Rate der binären Statusänderungen (Ereignisse). Eine Konzentration kann nach der Auswertung erfolgen, wenn z.B. konstantes oder lineares Verhalten erkannt wurde.

Für diskontinuierlich meßbare Analogkanäle gibt es keine feste Abfrage- oder Scan-Rate. Darunter fallen vorgeschaltete Meßgeräte in der α -Strahlungsmessung (α -Monitore). Die Ergebnisübergabe muß hierbei mit der Ergebnisermittlung synchronisiert werden. Eine Synchronisation ist auch erforderlich bei der Druckdifferenzmessung zur Ermittlung der Dichtewerte in der MILLI über pneumatische Multiplexer, wobei die Zeitverzögerung bis zur Herstellung des eingeschwungenen Zustandes des Systems mit berücksichtigt werden muß.

Für die Auflösung bzw. Genauigkeit der Meßwerte liegen für alle drei Anlagen folgende Anforderungen vor

- Füllstand der Behälter	}	$\leq 0,1 \%$, entsprechend ≥ 10 Bit	
- α -Monitor			
- Dichte		0,5 %	8 Bit
- Temperatur		1 %	≤ 8 Bit

Aus diesen Angaben bei vorgegebenem Meß- und Betriebsbereich für Analogsignale geht hervor, daß für die Digitalisierung ein 12 Bit-Analog-Digital-Wandler (ADC) ausreicht. Damit läßt sich eine Auflösung von ca. 0,025 % erzielen. Ein 12 Bit-ADC ist in Erfassungssystemen üblich. Die Analogsignale werden einschließlich des Vorzeichens in einem 16-Bit-Wort abgelegt. Bei einer Füllvolumen-Messung über Füllstand und Dichte kann damit der Meßbereich der Füllhöhe bei einer Auflösung von 1 mm etwa 4 m betragen. Die Behälter in den Anlagen erlauben im Extremfall eine Füllhöhe von 1600 mm.

Durch geeignete Wahl und Dimensionierung des Meßumformers kann erreicht werden, daß der Betriebsbereich der jeweiligen Meßstelle dem Meßbereich des Erfassungssystems soweit angepaßt wird, daß die geforderte Auflösung erzielt wird.

Die Angabe zur Genauigkeit muß bei der Wahl des Linearisierungsverfahrens berücksichtigt werden. Findet die Linearisierung nach der Digitalisierung des Wertes statt, dann schlägt sich die Anforderung in der Wahl der Eichfunktion bzw. der Anzahl der Stützpunkte in der Eich-tabelle nieder.

Binäre Signale müssen nicht zyklisch abgelegt werden, da nur nach einer Änderung des Zustandes dieser selbst und der Zeitpunkt der Änderung interessiert (Ereignis-gesteuerte Ablage). Ein solches Ereignis soll innerhalb einer Minute registriert werden können. Es reicht also ein Zeitraster von 1 Minute für die Erfassung und Überprüfung auf eine Zustandsänderung aus. Ausgenommen davon sind Alarmsignale, die im Prozeß direkt oder in vorgeschalteten Geräten (wie Reglern, SPS) gebildet wurden und möglichst ohne Verzögerung, d.h. über die maximale Erfassungsfrequenz oder über Interrupt-Eingänge in die Warte weiterzuleiten sind.

Die Übernahme und Ablage der Binärinformationen setzt voraus, daß die Zustandsänderung als Ablage-Kriterium erkannt wird. Ein derartiges Ereignis kann entweder von außen her per Interrupt gemeldet oder intern im Erfassungssystem ermittelt werden über eine Differenzbildung gegenüber dem zuletzt übernommenen Meßwert des selben Kanals in einer relativ zur durchschnittlichen Änderungsrate dieser Größe hohen Abfragerate ($\geq 1/\text{Minute}$).

Die meisten Binärsignale geben Ventilstellungen oder Betriebszustände von Pumpen an. Ihre Änderung signalisiert einen Eingriff in den Prozeßablauf dadurch, daß Ströme umgelenkt, unterbrochen oder freigegeben werden und damit ihr lineares Verhalten neu definiert wird. Damit dieses aus den Meßwerten so genau wie möglich nachvollzogen werden kann, müssen unter dem Zeitpunkt einer Zustandsänderung (eines Ereignisses) alle oder zumindest alle dadurch beeinflussten Meßwerte abgelegt werden. Auf diese Weise kann zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt der Prozeßablauf quasi im Zeitrafferverfahren rekonstruiert werden mit allen Ereignissen, die Änderungen markiert hatten.

Die Abschätzung, wie viele Statusänderungen während 24 Stunden erfolgen, ist schwierig. Unter der Annahme, daß maximal jede Minute eine Statusänderung erfolgt (denn die Abspeicherung erfolgt nur in Minutendifferenz), ergeben sich 1500 Statusänderungen pro 24 Stunden.

Es ergibt sich für Analogwerte also ein zweifaches Ablageverfahren:

- nach einem festen Zeitraster und
- ereignis-gesteuert.

Binäre Signale werden immer dann abgelegt, wenn sich ihr Zustand oder der eines anderen Binärsignales geändert hat.

Damit in der Auswertephase alle Prozeßinformationen miteinander korreliert werden können, muß die Zeit als gemeinsame Bezugsgröße den Meßwerten zugeordnet werden. Die Werte werden höchstens in einem Minutenraster abgelegt bzw. ein Ereignis muß höchstens mit einer Zeitgenauigkeit von 1 Minute abgelegt werden. Die Zeitinformation ist also auch auf der Minutenbasis ausreichend genau definiert.

5.4 Datenaustausch mit dem Analyselabor

Zur Bestimmung der Zusammensetzung der Prozeßlösung werden an bestimmten Orten der Anlage in vorgegebenen Zeitabständen (im Stundenbereich) Proben in codierte Probenfläschchen abgezogen. Diese Fläschchen werden zusammen mit den notwendigen Informationen per Rohrpost (MILLI) bzw. manuell in das Analyselabor transportiert. Je nach Arbeitsanfall im Labor und nach dem erforderlichen Zeitaufwand für den jeweiligen Analysewunsch liegen die Analyseergebnisse im Zeitbereich zwischen 1 Stunde oder auch einigen Tagen vor. Diese Ergebnisse müssen nun gemäß der Orts- und Zeitangabe der Probe in die zugehörigen Meßdatensätze einsortiert werden, damit sie zu Korrelationsdarstellungen und Bilanzierungen herangezogen werden können. Mit der Rechnerunterstützung der Meßdatenerfassung soll auch dieser Probendatenaustausch zwischen Prozeß und Labor über den Rechner abgewickelt werden, und zwar von vornherein konzipiert als Teil eines umfassenden Laborinformations- und Managementsystems, das die gesamten Laboraktivitäten unterstützen soll. Da in /1/ das geplante System ausführlicher beschrieben wird, soll hier nur in Stichworten der Umfang der direkt den Prozeßbetrieb betreffenden Aktivitäten skizziert werden. Die Begleitinformationen der Proben werden von Prozeßseite aus an der Leitstandskonsole und von Laborseite aus am Terminal des Schichtleiters manuell eingegeben.

Das DV-System übernimmt damit die

- Protokollierung
 - der Probenahme,
 - der Analyseergebnisse und
 - der Quittierung der Ergebnisse durch den Schichtführer des Prozesses
- und vermittelt
- Informationen an den
 - Betrieb des analytischen Labors und an den
 - Prozeßoperator.

Der Ablauf für die Behandlung einer bestimmten Probe wird in folgende Schritte aufgliedert.

- Probenahme:
 - Der **Prozeßoperator** gibt ein:
 - Zeitpunkt und
 - Ort der Probenahme
 - Probenkennzeichnung
 - 4 stellig
 - α -numerisch

Überprüfung auf Einmaligkeit der Zeichenkombination anhand der Liste der in der laufenden Kampagne eingegebenen Kennzeichnungen.
 - Priorität (1, 2 oder 3)
 - zu analysierende Lösungsbestandteile:

diese sind der jeweiligen Probenahmestelle zugeordnet und werden als Defaultangaben geführt, wenn sie nicht vom Operator gezielt geändert werden.
 - Schätzkonzentrationen der zu analysierenden Lösungsbestandteile:

diese Werte werden entweder

 - vom Operator eingegeben oder
 - aus der Schätzung der vorletzten an dieser Stelle gezogenen Probe oder dem zuletzt ermittelten Analyseergebnis für diese Stelle als Defaultwerte abgeleitet.
 - Angabe über den Verbleib des Proberestes nach der Analyse.

- Beginn der Analyse:

Der **Schichtleiter** des Labors soll folgende Informationen abrufen können:

- über die Eingabe der Probenkennzeichnung:

- Zeitpunkt und
- Ort der Probenahme,
- gewünschte Analysen,
- Schätzkonzentrationen.

- über die Eingabe der gewünschten Analyse (mit oder ohne Schätzkonzentration):

- Probenkennzeichnung(en),
- Zeitpunkt(e) und
- Ort der Probenahme.

- über die Frage nach bislang noch nicht bearbeiteten Proben: geordnet nach Prioritätsklassen

- Probenkennzeichnung(en),
- Zeitpunkt(e) und
- Ort der Probenahme,
- gewünschte Analysen,
- Schätzkonzentrationen.

- Analysenergebnis:

Der **Schichtleiter** des Labors soll bei Abschluß der Analyse das Ergebnis eingeben können:

- Zeitpunkt der Eingabe,
- Konzentrationswerte der analysierten Lösungsbestandteile in der ursprünglichen Probe gemäß dem Analysenwunsch,
- Name des Schichtleiters.

- Auswertung der Analysen:

Der **Prozeßoperateur** soll die Möglichkeit haben, für alle Proben, deren Kennzeichnungen er während der Kampagne bereits eingegeben hat, folgende Informationen abzurufen:

- über die Eingabe der Probenkennzeichnung:

- ob ein Analyseergebnis dieser Probe vorliegt,
- Analysenergebnis
Ausgabe auf Drucker

- über die Eingabe eines Zeitintervalls:
 - Analysenergebnisse
 - einer bestimmten oder
 - aller Probenahmestellen.
 - Ausgabe auf Drucker

Der **Prozeßoperateur** muß bei dem erstmaligen Abruf eines Analysenergebnisses dieses quittieren. Das tut er, indem er eingibt:

- Probenkennzeichnung,
 - Zeitpunkt des Abrufes,
 - Angabe, ob er das Ergebnis
 - akzeptiert oder
 - nicht akzeptiert, falls er es nicht für plausibel hält.
- In diesem Fall kann, nach Abstimmung der Situation zwischen Prozeßleiter und Analytik, alternativ vorgegangen werden. Entweder ist eine erneute Analyse der gleichen Probe durchzuführen oder es wird, wenn das die Prozeßsituation nach der inzwischen verstrichenen Zeit noch erlaubt, am gleichen Ort eine weitere Probe gezogen und diese der Analyse zugeführt. In diesem Fall führt die erste Probe einen Hinweis auf diese zweite Probe.
- Behandlung fehlerhafter Angaben:
 - falsche Eingabe der Probenkennzeichnung bei der Probenahme.
- Der Fehler wird im Labor entdeckt, wenn sich tatsächlich vorhandene Proben nicht über die Liste der Probenahmedaten identifizieren lassen. Wenn sich eine Zuordnung dennoch durch Vergleich der Angaben mit hoher Wahrscheinlichkeit herstellen läßt, dann soll es dem Schichtleiter des Labors möglich sein, die fehlerhafte Kennzeichnung in der Datenliste durch die korrekte zu ersetzen. Die fehlerhafte Kennzeichnung wird dann der korrekten in Klammern hinzugefügt.

5.5 Handhabung durch Betreiber

Die beiden Prozeßanlagen MILLI und PUTE sind bereits seit längerer Zeit in Betrieb und wurden bisher über konventionelle Warten geführt. MINKA wird ebenfalls über eine konventionelle Warte in Betrieb genommen. Die Betreiber und Bediener der Anlagen sind erfahren im Umgang mit den Bedienelementen dieser Warten und vertraut mit den ablaufenden Prozessen. Das trotz des

relativ groben Zeitrasters der Meßdatenerfassung von ca. 1 Stunde doch recht umfangreiche Datenmaterial wurde bislang nur auf dem Wege einer langwierigen und aufwendigen manuellen Eingabe über Datenterminals einer Rechnerauswertung zugeführt. Die geplante Umrüstung auf ein rechnergestütztes Prozeßleitsystem mit Bildschirmwarten und automatischer Meßwerterfassung sollte primär zu einer beschleunigten systematischen Auswertung führen und sekundär dem Bedienungspersonal, basierend auf dessen Erfahrung, zusätzliche und umfassendere Möglichkeiten geben, Einblick in den Ablauf der Prozesse zu gewinnen, um daraus resultierend gezielter Eingriffe vornehmen zu können. Der Betreiber bezweckte mit der Umrüstung eine zeitlich höhere Auflösung der Vorgänge durch die Auswertung von mehr Meßdatenmaterial, um damit die Genauigkeit der Bilanzierung und in Folge dessen die Aussagekraft der Ergebnisse durch Verringerung der Fehlereinflüsse steigern zu können. Um dieses Ziel eines Experimentierbetriebes konsequent verfolgen zu können, muß das im Betrieb erfahrene Personal selbst in der Lage sein, so weit wie möglich unter eigener Regie die dafür erforderlichen Modifikationen am Erfassungssystem vornehmen zu können.

Das System muß zulassen, daß

- Begriffe und Bezeichnungen für Meßstellen und Geräte aus dem gewohnten Sprachschatz und bekannte Symbole für die Darstellung übernommen werden, daß
- Tabellen und Diagramme einfach und leicht zu interpretieren sind und daß
- Meßgrößen in ihrer Original-Dimensionierung erscheinen.

Es soll auch die bisher gegebenen Möglichkeiten dahingehend erweitern, daß

- Übersichten und Korrelationen Zusammenhänge erkennen lassen, daß
- über hierarchische Strukturierung der Bilder Suchphasen verkürzt werden und daß
- Erfassungs-, Verarbeitungs- und Darstellungsparameter zur Modifikation offen stehen.

Darüber hinaus erfordert der Experimentiercharakter der Prozesse, daß der Betreiber selbst in der Lage sein muß, Erfassung und Auswertung nach Änderungen in Instrumentierung und Ablauf an die neuen Gegebenheiten anzupassen.

Das bedeutet, daß er ohne größeren Aufwand und möglichst ohne fremde bzw. DV-erfahrene Hilfe

- die Konfiguration (Programmierung) neuer oder zusätzlicher, durch Prototypen bereits repräsentierte Kanäle durchführen,
- zusätzlich erforderliche Hardwareeinheiten anschließen und
- Fließbilder neu erstellen oder ändern können muß.

Die Möglichkeiten der grafischen Darstellung, die eine rechnergestützte Bildschirmwarte bieten, gehen weit über das hinaus, was eine konventionell Warte zur Verfügung stellt. Dem Benutzer muß Zeit gelassen werden, sich vertraut zu machen mit dem neuen Medium, das jedoch nicht deshalb von vorn herein auf eingeschränkte Anforderungen z.B. zur Simulation von einfachen Schreiberfunktionen und Darstellung von Balkendiagrammen ausgelegt sein darf. Es soll hingegen über die im sinnvollen Rahmen vertretbaren Spezifikationen nach dem Stand der Technik verfügen, damit vor allem auch der nach dem Prozeßablauf folgenden Auswertung die erforderlichen Mittel zur Verfügung stehen, die durch das Erfassungssystem weit gegenüber dem bisherigen Verfahren gesteigerte Zahl der Meßdaten mit ihrer höheren Auflösung darzustellen und damit überprüfbar zu machen.

Wichtig ist, daß

- mehrere Meßkurven in einem Diagramm zusammengefaßt und korreliert,
- Maßstäbe der Kurven variiert und
- Zusatzinformationen in freier Wahl eingeblendet werden können.

Die Bildschirm-Auflösung hat mindestens der TV-Norm (Vollbild) zu entsprechen, wobei die Totzeit beim Bildwechsel im Bereich weniger Sekunden liegen soll.

Die Bedienelemente der Leitstand-Konsole müssen den unterschiedlichen zitierten Anforderungen Rechnung tragen. Der normale, das heißt nicht durch Störungen oder Änderungseingriffe unterbrochene Überwachungsablauf soll möglichst über eindeutig speziellen Funktionen zugeordnete Tasten geleitet werden. Unbeabsichtigte Fehlbedienungen müssen weitgehend ausgeschlossen werden können. Verriegelungsmechanismen haben unterschiedliche Zugriffskategorien gegeneinander oder in hierarchischer Struktur abzugrenzen.

Es war vorzusehen, daß eine zunächst nicht beabsichtigte, aber zu einem späteren Zeitpunkt einzuführende Sollwert-Vorgabe an die Regler oder Stellwert-Eingabe an den Prozeß realisiert werden kann.

Aus den eingangs genannten Voraussetzungen heraus ist abzuleiten, daß der Betreiber mit dem System soweit vertraut sein muß, daß einfache Wartungsarbeiten selbst vorgenommen werden können. Sie sind jedoch von vorn herein durch entsprechende Auslegung der Hardwarespezifikationen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Nachjustierungen sind z.B. umso seltener notwendig, je geringer die Empfindlichkeit der eingesetzten Geräte gegenüber Umweltstörungen ist. Ausreichende übersichtliche und leicht verständliche Dokumentation sowie ein Systemtraining durch den Hersteller gehören zu den Voraussetzungen solcher Maßnahmen. Damit während des Betriebes Ausfallzeiten so kurz wie möglich gehalten werden können, muß das Betreiberpersonal in der Lage sein, die durch ein Selbstdiagnosesystem lokalisierten Störungsursachen entweder durch Austausch redundanter Einheiten zu beseitigen oder darüber gezielte Hinweise an die Service-Abteilung des Herstellers zu geben. Auf jeden Fall darf keine Fehlerfortpflanzung durch Rückwirkung auf andere Einheiten stattfinden.

5.5.1 Behandlung der aktuellen Meßdaten

Der Bediener der Anlage wird in der Regel Routinehandlungen wie Überwachungen der aktuellen Werte und Trends durchführen. Er wird dabei konfrontiert mit Ereignissen, die gelernte oder durch Vorschriften abgedeckte Reaktionen erfordern. Der experimentelle Charakter der Prozesse liefert ihm aber auch in erheblichem Maße unvorhergesehene Ereignisse, die ihm Entscheidungen abverlangen, die er nur aus der genauen Kenntnis des Prozesses heraus und über einen übersichtlich dargebotenen Einblick in das Prozeßgeschehen treffen kann.

Der Prozeßablauf wird nicht über das Erfassungssystem gesteuert. Teilabläufe lassen sich nicht unter gleichen Bedingungen wiederholen, um z.B. fehlerhafte Messungen zu korrigieren. Die Erfassung muß deshalb besonders sicher und zuverlässig ausgelegt sein oder es müssen ausreichend viele redundante Meßwerte übernommen werden, damit über Filterungsverfahren fehlerbeaufschlagte Einzelwerte unterdrückt werden bzw. ihre Auswirkung auf die Auswertung minimisiert wird.

Einer Meßwertverfälschung oder Meßwertverlusten in den weiteren Stufen der Verarbeitung kann durch redundante Abspeicherung und Maßnahmen der Transfersicherung entgegengewirkt werden.

Prozeßbedingt können während einer Teilkampagne vor allem bei MILLI Teilkomponenten der Anlage außer Betrieb gesetzt sein. Die Meßwerte aus einem solchen stillgesetzten Anlagenzweig sind nicht relevant und bleiben in der Regel konstant. Es ist zu überlegen, ob es praktikabel ist und zu einer Vereinfachung der Verarbeitung und Ablage von Meßwerten führt, wenn Meßkanäle zeitweise inaktiviert werden. Konsequenzen ergeben sich daraus nicht nur für die Auslegung und Strukturierung der Datenbank, sondern auch für die Programmierung und Gestaltung der Bildschirmgrafik. Sinnvoll ist eine Inaktivierung auf jeden Fall dann, wenn für die Teilkampagnen eigene Programme erstellt werden, die ausschließlich auf die jeweils aktuelle Anlagenstruktur zugeschnitten sind und die Strukturbeschreibung in der zugehörigen Datei der Datenbank abgelegt werden kann.

Neben den üblichen Arten der Darstellung aktueller Meßwerte auf Drucker und Bildschirm wie z.B. Listen und Balkendiagramme sollen die Möglichkeiten der Bildschirmgrafik zur konzentrierten übersichtlichen Darstellung weitgehend ausgenutzt werden. Dazu gehört, daß umfangreiche Fließbilder in Teilaspekten auf den Bildschirm gelangen (Windowing-, Pan- oder auch Zoom-Mode) oder mehrere Variable über gleichem Zeitmaßstab abgebildet werden.

Für die Leitfunktion wichtige aktuelle Prozeßdaten wie Alarm- oder Warnmeldungen müssen den Prozeßbeobachter stets und augenfällig erreichen können. Dazu gehören auch Meldungen, die an der konventionellen Back up-Warte gebildet werden. Für die Korrelation dieser Meldungen mit den Auswerteergebnissen aus dem Rechnersystem sollen folgende Regelungen gelten:

- Bearbeitung von Analogwerten
 - Vergleich mit Grenzwerten nur in Back up-Warte: Das Rechnersystem übernimmt die Warn- oder Alarmmeldung in binärer Form und verwendet sie in Form einer Anzeige auf dem Bildschirm und einer alphanumerischen Ausgabe in einer Liste auf dem (möglichst separaten Alarm-) Bildschirm und Drucker.
 - Vergleich mit Grenzwerten in beiden Systemen: Durch Toleranzeinflüsse bei jeweils gleichen Grenzwertvorgaben oder bei unterschiedlichen Vorgaben werden die Meldungen nicht zeitgleich generiert. Es muß sichergestellt werden, daß Meldungen aus einem bestimmten Meßkanal in einer bestimmten Prozeßsituation nur einmal generiert werden.

- Bearbeitung von Binärwerten:

Das Rechnersystem überwacht die Binäreingänge mit den gleichen logischen Funktionen wie die Speicherprogrammierten Steuerungen (SPS) in der Back up-Warte, sofern daraus Steuersignale abgeleitet werden. Das Rechnersystem überwacht auch diese Steuersignale und gibt Alarm an der Konsole, wenn sich in der doppelten Auswertung der Eingangssignale Differenzen ergeben haben. Auf diese Weise überwacht das Rechnersystem die SPS-Einheiten.

5.5.2 Weiterverarbeitung der Meßdaten

Ausgangsbasis für die Weiterverarbeitung der Meßdaten ist der Prozeßzustandsspiegel, in dem alle aus dem Prozeß stammenden aktuellen Meßdaten in aufbereiteter Form als Fertigwerte abgelegt sind. Neben diesen aktualisierten Prozeßvariablen befinden sich dort auch die für die gleiche aktuelle Zeit berechneten Werte der Berechnungsvariablen. Die Schritte der Weiterverarbeitung dieser Daten sollen hier aufgezählt und durch Bemerkungen dazu ergänzt werden.

1. Speicherung der Daten

Die Daten werden grundsätzlich zu zeitkonformen Datensätzen, also zu zeitbezogenen Prozeßzustandsspiegeln höherer Klasse, zusammengefaßt. Das bedeutet, daß Daten, die mit unterschiedlicher Frequenz erfaßt werden, sinnvollerweise auch in unterschiedlichen Datensätzen mit je gleicher Frequenz zusammengefaßt werden. Die z.B. manuell im 2- bis 4-Stundenrhythmus erfaßten Meßwerte bilden einen Datensatz, die im Minutenrhythmus übernommenen Analogwerte einen anderen und die ereignisbezogen abgelegten binären Zustandsinformationen einen dritten Satz.

Das Erfassungssystem muß also in dieser Hinsicht eine ausreichend flexible Datenverwaltung aufweisen. Es muß gewährleisten, daß aus den verschiedenen Datensätzen für beliebige Zeitebenen historische Prozeßzustandsspiegel z.B. zur Darstellung von Fließbildern oder Zustandsprofilen für vergangene Zeitpunkte zusammengestellt werden können. Auch müssen Korrelationen von Meßwerten aus verschiedenen Datensätzen über einer gemeinsamen Zeitachse möglich sein. Dabei kann offen bleiben, ob eine zeitpunktbezogene Korrelation die Werte aus den jeweils gröber gerasterten Datensätzen durch Wahl der dem Zeitpunkt am nächsten gelegenen Wertebeziehung oder durch Interpolation bezieht.

Alle analogen Meßwerte werden über einen Zeitraum von 8 Stunden als aktuelle Werte abgelegt, wie beschrieben. Danach werden sie auf ein 10 - 15 Minuten-Raster und nach 24 Stunden auf ein Stundenraster verdichtet über Mittelwertbildung und archiviert.

Binäre Signale werden nicht in gleicher Weise verdichtet, da sie ereignisgesteuert übernommen werden und die Rückverfolgung von Ereignissen in der späteren Auswertung nicht ausgeschlossen werden soll. Ob eine Konzentration durch Zusammenfassung bis zu 16 Bits in Zustandsvariablen sinnvoll ist, muß über den erforderlichen Aufwand für diese Zusammenfassung und die später bei Bedarf erneut vorzunehmende Isolation der Einzelsignale abgeschätzt werden. Das heißt jedoch nicht, daß sämtliche Bitinformationen archiviert werden müssen. In der Stufe der Datenaufbereitung können z.B. Ventilstellungen und Pumpenzustände einer Transferstrecke in die binäre Zustandsbeschreibung dieser Transferstrecke einbezogen werden, die letztlich interessiert und alleine weiter mitgeführt wird.

2. Analysenergebnisse

Die Datenverwaltung muß berücksichtigen, daß die den Prozeßlösungsproben zugeordneten Datensätze, die ab dem Zeitpunkt der Eingabe die Angaben zum Zeitpunkt und Ort der Probenahme und die Probenflaschenkennzeichnung enthalten, zu einem späteren Zeitpunkt durch die Analysenergebnisse ergänzt werden müssen. Diese können je nach Anzahl der angeforderten Analyte unterschiedlich umfangreich sein.

Der Prozeßoperator muß in der Lage sein, Analysenergebnisse nach verschiedenen Kriterien untersuchen zu können. Im einfachsten Fall ruft er einzelne oder mehrere Probenkennungen auf und läßt sich die Ergebnisse ausgeben. Aufwendiger ist z.B. die Suche nach Proben und ihren Kennungen, bei denen einzelne Analytwerte in einem vorgegebenen Wertbereich liegen.

3. Meßwertüberwachung

Meßwerte und Berechnungswerte werden in grafischer Form (z. B. Blockdiagramme) und in Tabellen ausgegeben.

4. Zeitdiagramme

Die Meßwerte einzelner oder mehrerer (4 bis 8) Meßstellen werden über eine Zeitachse für eine definierte Zeitspanne grafisch ausgegeben, z.B. Temperaturverläufe über einen oder mehrere Tage.

5. Fließbilder

Statusmeldungen der Anlage oder eines Anlagenausschnittes werden für einen definierten Zeitpunkt grafisch und/oder farbig hervorgehoben in einem aus dem R+I-Schema entwickelten Fließbild dargestellt. Sofern es die Übersichtlichkeit zuläßt, werden auch Analogwerte (z.B. Füllstand, Temperaturen) in eine solche Darstellung mit aufgenommen, entweder in rein grafischer oder in alphanumerischer Form mit der Kurzbezeichnung der Prozeßvariablen.

In einer erweiterten Stufe soll das Fließbild zum Fließschema abstrahiert werden, in das die wichtigsten zugehörigen Analogwerte einzutragen sind.

Diese Form der Prozeßdarstellung muß sich sowohl für aktuelle als auch historische Daten realisieren lassen. Durch die Wahl der Zeitpunkte und die Ablauffrequenz der Bildfolge kann dadurch eine Prozeßverfolgung in Zeitlupen- oder Zeitraffersimulation erfolgen.

6. Betriebsdiagramme

Für die einzelnen Flüsse werden in Abhängigkeit von der Betriebszeit Betriebsdiagramme mit Konzentrationswerten in g/l, mol/l oder Vol% und mit Flußwerten in l/h ausgegeben.

Neben diesen

- Zeitprofilen sind von Interesse auch
- Ortsprofile, bei denen die Konzentrationsverteilung eines Stoffes zu einem bestimmten Zeitpunkt über einen bestimmten Anlagenbereich, also ermittelt aus mehreren Probenahmestellen, dargestellt ist.

Nach dem jeweils aktuellen Betriebszustand des Prozesses werden Behälter und diese verbindende Transferstrecken (über Ventile und Pumpen) bestimmten Prozeßströmen zugeordnet.

Die Flußwerte einzelner Prozeßströme werden aus den Füllvolumendifferenzen der beteiligten Behälter innerhalb einer festen Zeitspanne ermittelt oder an eventuell vorhandenen Durchflußmeßstellen gemessen. Masse- und Konzentrationswerte gehen aus den Analysen der Proben hervor und können mit Hilfe der durch Dichte-, Volumen- und Temperaturwerte der (homogenen) Behälterinhalte errechenbaren Vergleichswerte auf ihre Zulässigkeit getestet werden.

Voraussetzung für diese Berechnungen ist, daß in der vorgegebenen Zeitspanne die Durchfluß-, Dichte- und Temperaturwerte und die durch Analyse ermittelten Werte möglichst konstant sind.

7. Bilanzierung der Flüsse

Die Flüsse werden entweder

- über möglichst kleine Bilanzierungszonen, d.h. über ein oder zwei Extraktionseinheiten oder zwei Behälter bei Behältertransfer oder
- über die gesamte Anlage

getrennt für wässrige und organische Medien bilanziert. Die Bilanz für einen Zeitpunkt oder die zeitliche Änderung der Bilanz während einer vorgegebenen Zeitspanne wird grafisch oder in Tabellenform ausgegeben.

Unter konstanten Betriebsbedingungen sollte die Summe aller in eine Bilanzierungszone hineinfließenden Volumina gleich sein der Summe aller herausfließenden Volumina. Die in den Systemen gespeicherte oder speicherbare Stoffmenge muß als Fehlerpotential berücksichtigt werden.

8. Bilanzierung der Massen

Die Massen von Uran, Plutonium und Säure werden entweder

- über möglichst kleine Bilanzierungszonen (siehe Punkt 7) oder
- über die gesamte Anlage

bilanziert. Die Bilanz für einen Zeitpunkt oder die zeitliche Änderung der Bilanz während einer vorgegebenen Zeitspanne wird grafisch oder in Tabellenform ausgegeben.

9. Betriebsprotokolle

Betriebsprotokolle werden zu vorgegebenen Zeitpunkten als Zustandsprotokoll der gesamten Anlage ausgedruckt.

6. Abgrenzung gegenüber Überwachungssystemen für professionelle Anlagen

Die Anlagen im IHCh dienen der experimentierenden Weiterentwicklung chemischer Prozesse. Sie erfordern deshalb ein System, das besondere Merkmale aufweist im Bereich folgender Schwerpunkte:

- Flexibilität in Bezug auf
 - . Umrüstbarkeit der Prozesse und Anlagen und
 - . Änderung der Auswertestrategie im Zuge modifizierter Kampagnen-Zielsetzung.
- Übernahme nicht automatisch zu erfassender Prozeßdaten.
- Hochrangige Sicherung der Prozeßdaten, da durch jeweils geänderte Aufgabenstellung der befristeten und mit hohem Aufwand vorbereiteten Kampagnen eine Wiederholung von Prozeßsituationen im Prinzip nicht vorgesehen und damit kaum bzw. nur schwer realisierbar ist.
- Umfassende Zugriffsmöglichkeit auf alle wichtigen Prozeßdaten (deren Relevanz nicht immer a priori festgelegt werden kann), damit eine der Kampagne nachfolgende Auswertung mit Rechnerunterstützung möglichst lückenlos vorgenommen werden kann.

6.1 Flexibilität

6.1.1 Flexibilität der Hardware

Bedingt durch Meßkreiserweiterungen oder Konzeptumstellungen müssen Änderungen vor allem im Bereich der prozeßnahen Hardware schnell und einfach durchgeführt werden können. Das setzt einen weitgehend modularen Aufbau dieser Systemkomponenten mit übersichtlicher Verkabelung über Systemstecker und Schraubanschlüsse, aber auch selbstkonfigurierende Eigenschaften der Module voraus.

6.1.2 Flexibilität der Software

Für die Verarbeitung einzelner Meßkanäle und für die Verknüpfung von Meßgrößen muß eine Vielfalt an Funktionen und Konfigurationsparameteren zur Verfügung stehen, damit die Notwendigkeit der Einbindung von zusätzlichen selbsterstellten Verarbeitungsprogrammen auf ein Mindestmaß reduziert werden kann. Beispiele solcher nicht üblicherweise angebotenen Funktionen sind:

- Stützpunkt-Tabellen zur Meßwertumrechnung
- Ereignisüberwachung
- ereignisgesteuerte Zulassung oder Unterdrückung einzelner Kanäle.

Anpassungen an Modifikationen des Prozeßablaufes können dann relativ unkompliziert vorgenommen werden, wenn alle Komponenten von einer einzigen zentralen Stelle aus on-line konfiguriert und parametrierbar werden können. Das System muß Gewähr dafür bieten, daß bei durchgehend gleicher Bezeichnung für bestimmte Variablen jede Detailländerung ihren Niederschlag in allen betroffenen Datenlisten findet und rückdokumentierbar ist. Eine Überprüfung auf Zulässigkeit und Vollständigkeit der Eingriffe muß gegeben sein.

Der Benutzer muß in der Lage sein, sich jederzeit umfassend über die jeweils aktuelle Konfigurierung und Parametrierung informieren zu können.

Ebenso wie bei der Kanalbeschreibung muß der Benutzer flexibel sein können in der Wahl der Darstellungsarten. Nicht fest vorgegebene Schemata (z.B. Kurvenkombinationen), sondern möglichst viele und dennoch einfach und schnell erstellbare Bildkombinationen sind gefragt.

Wenn einzelne Meßgrößen der einfacheren Korrelation mit anderen Größen oder Statusinformationen wegen in verschiedenen Bilddarstellungen aufgenommen wurden, ist es eine gute Hilfe für den Benutzer, ihm Querverweise und damit das Überwechseln auf andere Zusammenstellungen anzubieten.

Für den Experimentator ist die Transparenz der Dokumentation von großer Bedeutung, damit er eigene Entscheidungen und deren Auswirkungen zu einem späteren Zeitpunkt leicht nachvollziehen kann. Deshalb muß es ihm möglich sein, Projektierungsschritte wie Änderungen von Parametern und Strukturierungen oder Eingriffe bei Warnsituationen ausreichend zu kommentieren.

Die Flexibilität des Systems ist auch in Bezug auf die Zuführung von Prozeßdaten gefragt. Denn es soll nicht nur die automatische Datenerfassung gestatten, sondern auch die manuelle Eingabe von Meßdaten, die nicht durch in-line-Instrumentierung gewonnen werden können. Hier ist eine Fehlerreduktion durch eine strenge Eingabeüberwachung erforderlich, ebenso wie die zeitrichtige Eingliederung der Daten in das vorgegebene Zeitraster und, wenn es sich z.B. um Konzentrationswerte aus dem Analysenlabor handelt, eine rückwirkende Korrektur betroffener Berechnungsvariablen. Das System muß außerdem offen sein für einen Datenaustausch mit der Datenbank eines zu einem späteren Zeitpunkt geplanten Labormanagementsystems für das Analysenlabor.

Die geforderte hohe Flexibilität des Systems darf nicht gegen komplizierte Handhabung eingetauscht werden. Der Bediener darf, gerade weil er sich voll auf die verschiedenen Möglichkeiten und Funktionen des Systems konzentrieren können soll, nicht zusätzlich durch ungewohnte Regeln und Vorschriften bei der Bedienung belastet werden oder vor der Anwendung einer umfangreichen Palette an Bedienungsvarianten zurückgeschreckt werden. Deshalb muß bei der Systemauswahl besonderer Wert auf Übersichtlichkeit der Konsole und leichte Erlernbarkeit aller erforderlichen Handgriffe gelegt werden. Diesem Ziel dienen alle solche Konsolenkomponenten, die aus der Praxis heraus auf die menschlichen Belange hin besonders zugeschnitten sind unter ergonomischen und anthropotechnischen Gesichtspunkten, aber auch leicht verständliche und lesbare Anleitungen und Handbücher. Zumindest die wichtigsten Abschnitte daraus sollten in deutscher Sprache vorliegen. Wichtig ist außerdem, die Umgewöhnung in eine neuartige Leitstandsumgebung dadurch zu erleichtern, daß gleiche Informationen auf verschiedenen Darstellungsebenen angeboten werden, unter anderem auch in Formen, die dem Bediener bereits geläufig sind, also z. B. durch Schreibersimulationen oder Skalendarstellungen auf dem Bildschirm.

Es muß das Gefühl vermittelt werden, daß die Bedienkomponenten weitgehend transparent die direkte Beobachtung und Beeinflussung des Prozeßablaufes gestatten.

Eine ausreichende Transparenz des Überwachungssystems kann besonders dadurch erreicht werden, daß

- . keine auffälligen Verzögerungszeiten beim Bildwechsel auftreten,
- . Wechsel zwischen Übersichtsdarstellungen und Detailbildern ohne Mühen vollzogen werden können,
- . alle notwendigen Warnmeldungen ständig im Blickfeld liegen und einfach quittiert werden können und
- . erforderliche Größenkorrelationen leicht über Bildkombinationen erfaßbar gemacht werden können.

Um dieses erreichen zu können, müssen schnelle Verbindungsstrukturen zwischen den Komponenten und ausreichend dimensionierte Bildspeicher mit möglichst dedizierter verteilter Bildaufbereitung vorhanden sein. Damit kann trotz verteilter Prozessorkapazitäten eine Kongruenz der Informationen durch Ablage aller Prozeßdaten in einem gemeinsamen Datenspeicher gewährleistet bleiben.

6.2 Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit

Obwohl die wichtigsten Informationen aus dem Prozeß vor allem aus Gründen der Sicherheit zusätzlich an eine konventionelle Warte gegeben werden, diese Back-up-Warte also eine notwendige Redundanz bietet, sollte dennoch die neukonzipierte Bildschirmwarte ausreichend zuverlässig arbeiten, um dem Bediener die Möglichkeit zu bieten, sich mit Hilfe dieser vielseitigeren und in der Handhabung komfortableren Instrumentierung voll auf die Beobachtung des chemischen Prozeßablaufes konzentrieren zu können. Die Akzeptanz dieser weiterentwickelten Wartentechnik darf nicht durch Probleme im Bereich der Zuverlässigkeit unnötig behindert werden.

Vor allem während der befristeten Prozeßdauer einer Kampagne muß das System möglichst voll zur Verfügung stehen.

Eine weitgehende Reduktion der Ausfallzeiten aus Anlaß statistisch möglicher Störungen ist, wenn man von voller dynamischer Redundanz absehen will, vor allem durch folgende Systemspezifikationen zu erzielen, die, wie die Marktuntersuchung ergab, nicht zur üblichen Ausstattung von Leitsystemen gehören:

- eingehend getestete und im Einsatz bereits bewährte solide Hard- und Softwarekomponenten,
- ein Diagnosesystem mit konsequenter Eigenüberwachung und hoher Fehlerortsauflösung,
- leichte Austauschbarkeit störungsanfälliger Komponenten,
- durch Reparatur keine Unterbrechung des Betriebes nicht gestörter Komponenten,
- Vollzeit-Wartungsvertrag mit Lieferanten während der Kampagnen, der alle Systemkomponenten einschließen muß, und kurze Lieferzeiten für erforderliche Ersatzteile,
- unterbrechungsfreie Stromversorgung für das gesamte System, deren Kapazität die äußerstenfalls tolerierbare, durch Stromausfall hervorgerufene Unterbrechung des Prozeßablaufes überbrücken muß,
- Fähigkeit, statische Redundanz für diejenigen Komponenten zuzulassen, deren Ausfall die wichtigste Anforderung, nämlich die Erfassung und Abspeicherung der Rohdaten, in umfassendem Maße beeinträchtigen würde.

Es muß gewährleistet werden können, daß alle die Prozeßdynamik wiedergebenden Daten zumindest als Rohdaten in einem der Datenerfassung zugeordneten Zwischenspeicher abgelegt und nach einer Reparatur übergeordneter Systemkomponenten sofort in die Datenbank zeitrichtig übernommen werden können.

6.3 Zentralisierung der Datenbank

Es gibt eine Menge Möglichkeiten, die Ablage und Verwaltung der Prozeßdaten zu organisieren. Extremlösungen sind die völlig zentralisierte Datenbank, zumeist gekoppelt an einen einzigen zentralen Rechner und die gänzlich dezentralisierte Datenbank,

bei der einzelne autonome Rechner alle für ihre jeweils dedizierte Aufgabenstellung erforderlichen Daten eigenständig verwalten in einem System, das keinen oder nur geringen Datenaustausch benötigt.

Bei einem Überwachungssystem für Prozesse mit Experimentiercharakter und befristeter Betriebsdauer liegt das Hauptgewicht darauf, die Prozeßdaten für eine nachfolgende Auswertung zu sammeln und Konfigurierparameter flexibel an zentraler Stelle zugänglich zu halten. Diesem Ziel gegenüber sind die Aspekte der Steigerung der Ausfallsicherheit aller Systemkomponenten durch Dezentralisierung der Datenbank (bis auf die Datenerfassung) und der lokalen Zuteilung von Rechnern mit gleicher Aufgabenstruktur zu räumlich auseinanderliegenden Prozeßabschnitten zweitrangig.

Das heißt, da es im wesentlichen darauf ankommt, die gesammelten Prozeßdaten aus automatischer und evtl. manueller Erfassung in zeitrichtiger Zuordnung für eine spätere Auswertung komplett zur Verfügung zu haben, ist eine Zentralisierung der Datenbank unumgänglich. Neben einer Vereinfachung der Datenverwaltung und einer Reduzierung des Datenverkehrs auf den Leitungen liegt ein Vorteil dabei darin, daß der Datenaustausch mit einer weiteren Datenbank, hier z.B. des Analytiklabors, relativ einfach organisiert werden kann. Das schließt jedoch nicht aus, daß den Teilkomponenten des Gesamtsystems, die über eigene Rechnerkapazität verfügen und an die Teilaufgaben delegiert werden, die jeweils benötigten Datensätze zugeschickt werden. Diese Datensätze werden von der Zentrale aus stets aktualisiert. Der Benutzer hat sich jedoch nicht darum zu kümmern. Er hat es, auch in Bezug auf Programmerweiterungen, stets nur mit einer einzigen Datenbank zu tun. Der Vorteil liegt besonders dann auf der Hand, wenn Bild Darstellungen nach Bedarf auf einen beliebigen Bildschirm an der Konsole gelegt werden können, egal ob es sich um unterschiedliche Darstellungen des aktuellen Prozesses oder aus historischen Prozeßabläufen handelt.

Die Datenbank selbst muß so beschaffen sein, daß sie größtmögliche Freiheit bei der Formulierung der Fragestellung erlaubt, um einzelne Daten, Listen oder Tabellen bereitzustellen, und derartige Aufgaben in akzeptabler Zeit erledigt. Am besten scheint hierfür eine relationale Datenbank geeignet zu sein, jedoch gibt es zwischen dieser und der konventionellen hierarchischen Datenbank eine Reihe von Mischformen, die ebenso

zweckmäßig arbeiten. Wichtig ist z.B., daß sich Prozeßgrößen, die aus automatisch gewonnenen und aus manuell eingegebenen Daten berechnet werden, von dem Zeitpunkt der manuellen Eingabe zurück bis zum Zeitpunkt des Ablesens der Daten korrigieren lassen, sofern bis zur Dateneingabe mit vorher gemessenen Werten gerechnet worden war. Zur Auswertung einer Kampagne gehört, daß Prozeßabläufe im Idealfall weitgehend über die Bildschirmdarstellung nachvollzogen werden können. Das setzt voraus, daß die Reaktionen auf alle Bedienungseingriffe reproduzierbar sind. Zusammenhänge aus dem Zusammenspiel mehrerer Prozeßkomponenten können am besten aus der zeitgerafften bildlichen Darstellung entweder in Form von Fließbildern oder durch Überlagerung relevanter Trendkurven, ergänzt durch Ereignisdarstellungen (Statusdiagramme) erkannt werden.

Die archivierten Daten müssen sich deshalb auf die Wartenkonsolen zur Darstellung in den verschiedenen Formen zurückholen lassen und zwar in beliebigen Gruppierungen und Zeitmaßstäben.

7. Anforderungen an das Prozeßüberwachungssystem

Eine ausführliche Beschreibung der Anforderungen an das Meßdatenerfassungs- und -auswertesystem ist in /1/ zu finden.

Die wichtigsten Punkte daraus sind in der folgenden Auflistung stichwortartig zusammengestellt.

7.1 System

7.1.1 Gesamtsystem

7.1.1.1 Systemkonzept

- Funktionen des Systems

realisiert durch überwiegend vorkonfektionierte Programmbausteine in rechnergestützten Bearbeitungskomponenten.

Unbedingt erforderlich:

- Messen
- Anzeigen
- Dokumentieren
- Archivieren

Bedingt erforderlich

- Bedienen als Handsteuerfunktion

Als Option:

- Steuern als Automatikfunktion

- Bildschirmkomponenten

zum

- Projektieren
 - Konfigurieren
 - Parametrieren

- Anzeigen
- Bedienen

- Bussystem vorkonfektioniert zum Informationsaustausch der Komponenten untereinander:

- sichere (redundante) Datenübertragung.

- **Ausbaubarkeit** durch flexible Ankopplung einzelner Komponenten.
- **Strukturierung** im Sinne einer funktionellen, optional auch räumlichen Verteilung der Komponenten.
- **Zentraler Rechner:**
 - VAX11/750 oder MicroVAX II von Digital Equipment (DEC)
 - zusätzlich frei programmierbar
 - Multiuser/Multitasking-Eigenschaften
- Möglichkeit der **Ankopplung** an übergeordnetes Verbundsystem:
 - LAN
 - Rechenzentrum

7.1.1.2 Anzeige- und Bedienkonzept

- **Ziele:**
 - Prozeßüberwachung (monitoring)
 - Prozeßbedienung vorerst über Back-up-Warte oder manuell vor Ort
 - Versuchsauswertung
 - Betriebsführung (später)
 - evtl. Optimierung (später)
- **Zentrale Bedienung** des Überwachungssystems, evtl. lokale (dezentrale) Bedienung an Systemkomponenten für
 - Aufbau- und Testphase
 - Störfall
- **Prozeßbedienung** lokal an konventioneller Backup-Warte.

Bei zusätzlicher zentraler Bedienung ist Verriegelung gegen parallele Eingriffe erforderlich (z.B. Regler).

- **Kapazität für Überwachung:**
 - zentral:
 - 2 bis 3 Farbbildschirme für parallele Darstellung mehrerer Bilder,
 - evtl. Meldetableau für Alarme.
 - dezentral:
 - Schwarz/Weiß-Bildschirm

- **Einheitlichkeit** der
 - Darstellung
 - Bedienung
 - Kennzeichnung (Kanäle, Größen usw.)
 - auf allen Ebenen des hierarchischen Systems für Beobachtung und Bedienung.

7.1.1.3 Ausfallstrategie

- Steuerung und Regelung sowie Anzeige der wichtigsten, vor allem der sicherheitsrelevanten Größen an der **Back-up-Warte**.

- **Prozeßnahe Komponenten:**
 - eindeutige Fehlerlokalisierung (Fehlerdiagnose)
 - Selbstüberwachung des Diagnosesystems mit Ausfallanzeige
 - schneller und einfacher Austausch einzelner Karten
 - weitgehende Unterdrückung von Störungsausbreitung (Fehlerfortpflanzung)
 - automatische Abkopplung der betroffenen Komponente
 - Störungsbehebung möglichst bei laufendem Betrieb der nichtgestörten Komponenten
 - automatischer Restart der betroffenen Komponente
 - evtl. Standby-Rechner mit automatischem Start

- **Anzeige- und Bedienkomponenten:**
 - Reserve durch zweite (evtl. reduzierte) mobile Warte

- Bussystem:

- automatische Störungserkennung
- redundanter Bus mit automatischer Umschaltung durch Buskoppler evtl. bidirektionale Ringstruktur mit Fehler-toleranz.

- Prozeßrechner (Zentraler Rechner):

- Zwischenspeicherung der Meßdaten (bei evtl. reduzierter Erfassungsrate) in prozeßnahen Komponenten.
- Während Kampagne: Vollservice-Vertrag.
- Nach Störungsbeseitigung: Übernahme der zwischengespei-cherten Meßdaten aus prozeßnahen Komponenten.

7.1.1.4 Projektierungskonzept

- Planungsunterstützung:

- Überwiegend vorkonfektionierte Programmbausteine
- Möglichkeit zur Einbindung selbsterstellter projektspezifi-scher Software:
 - Meßdaten-Auswertung
 - Ergebnisdarstellung
 - Kopplung mit Analytik (Labor-Informations- und Management-system)
 - Ankopplung spezieller vorgeschalteter Prozeßgeräte.

- Selbstdokumentation

- der Konfiguration
- der Parameter

- Eingabekomponenten

- Terminals am zentralen Rechner

- Systemtest:

- über Test an Prozeßkomponenten
- über dynamische Signalveränderung
- parallel zur Backup-Warte (Überprüfung der ausgegebenen Werte).

7.1.2 Komponenten**7.1.2.1 Prozeßnahe Komponenten (Datenerfassungseinheiten)****- Bezug zum Gesamtsystem:**

- Die prozeßnahen Komponenten können ein in sich geschlossenes System mit klar definierter Schnittstelle zum Gesamtsystem, also vor allem zum zentralen Rechner, bilden.
- Es muß gewährleistet sein, daß
 - vom zentralen Rechner bzw. von der Warte aus die Systemparameter, soweit sie auf prozeßnahe Komponenten durchschlagen, on-line geändert werden können,
 - optimal Programme an zentralem Rechner konfiguriert und in Komponentenebene on-line geladen werden können (down line loading),
 - Kanalbezeichnungen einheitlich gehandhabt werden,
 - Ausgangskanäle bedient werden können.
- Sie sind autonom durch einen eigenen Mikrorechner mit
 - Programmspeicher (PROM, RAM für Parameter),
 - Datenspeicher (RAM) zur Zwischenspeicherung der Daten als Prozeßspiegel für den zentralen Rechner,
 - Massenspeicher zur Zwischenspeicherung der Rohdaten bei Ausfall des zentralen Rechners oder des Busses. Nach Wiederstart muß der zentrale Rechner diese Daten übernehmen und zeitlich einordnen können.

- Funktionen

- Eingangssignale
 - Konditionierung, Linearisierung (Temperaturen)
 - Erfassung
 - Bearbeitung (Vorverarbeitung)
 - Zwischenspeicherung

- Überwachung
 - Zeitzuordnung gemäß Abfragezyklus
 - Zeitauflösung durch Scanrate
 - Ereignisüberwachung über Interrupt-Eingänge oder "Change of State"-Meldungen

- programmierbare Algorithmen
 - Linearisierung über
 - vorgegebene Funktionen
 - Stützpunkt-Tabellen (≥ 50)
mit je ≥ 10 Stützpunkten,

 - Mittelwertbildung, auch gleitend
 - Integration.

- Schnittstellen:

- Kopplung zum Systembus mit Möglichkeit zur automatischen Umschaltung auf redundanten Bus bei Leitungsstörung
- Kopplung zu lokaler Bedienperipherie
- Anschluß zum Prozeß
 - übersichtliche Anordnung der Anschlußleisten,
 - problemlose Erweiterung oder Änderung der Kanalanschlüsse,
 - Selbstkonfigurierung der Interface-Karten zur Vereinfachung der Installation oder Umgruppierung,
 - Kartenwechsel muß unter Spannung on line möglich sein und darf keine Unterbrechung der Überwachung nicht betroffener Karten zur Folge haben,
- Abstand der Datenerfassungseinheit von Rangierverteiler ≤ 15 m.

- Prozeßperipherie:

- Analogeingänge
 - gemeinsame oder getrennte Masse
 - über Multiplexer
 - Auflösung \geq 12 Bit
 - 0...10V und 4...20mA
 - speziell für
 - Temperatur
 - Frequenz (< 20 kHz)

- Binäreingänge
 - TTL-Pegel
 - Interrupt

- Analogausgänge
 - Auflösung \geq 12 Bit
 - 0...10V und 4...20mA

- Binärausgänge
 - Pegel noch offen

- Ein- und Ausgänge
 - galvanisch entkoppelt

- serielle Schnittstelle (V.24, 20 mA)
 - zur Kommunikation mit vorgeschalteten Meßgeräten und SPS

- Zählereingänge

- BCD-Eingänge

- Aufbau:
 - Industriestandard,
 - Anpaßbarkeit an unterschiedliche Signalbedingungen,
 - Begrenzung auf wenige Kartentypen, die modifiziert werden können,
 - Schnittstellenkarten für eigene Spezifikationen.

- Leistung/Kapazität:

- Grundzyklus: ca. 1 s

- Anzahl der Kanäle		MILLI	PUTE	MINKA
- analog				
Eingänge	4 - 20 mA	121	114	51
	0 - 20 mA	60	-	46
	0 - 5 V	-	-	5
	0 - 10 V	-	-	10
	Frequenz	-	14	-
	zus.	181	128	112
<hr/>				
Ausgänge	4 - 20 mA	8	-	8
<hr/>				
- binär				
Eingänge		125	350	82

- Analogwertverarbeitung

- dezentrale A/D-Wandlung
- Verarbeitung dezentral und zentral
- kanalweise Wählbarkeit des Scan-Zyklus und der Phasenverschiebung innerhalb einer Scan-Gruppe
- kleinste Scan-Zeit: ≤ 1 min
- ereignisgesteuerte Zulassung oder Unterdrückung der Erfassung einzelner Kanäle

- Binärwertverarbeitung

- kürzeste Reaktionszeit: ≤ 1 min
- Phasenverschiebung der Abfrage innerhalb einer Scan-Gruppe
- Unterdrückung von Rauschen und Störsignalen durch Filter

- Zeitverhalten:

- Vermieden werden muß eine Einengung der Scanfrequenz bei Zunahme der Kanalzahl: Multiplexen einzelner Komponenten
- Scanfrequenz der Komponenten muß höher liegen als die Übernahmefrequenz des zentralen Rechners.

- **Statusanzeigen:**
 - Betriebsart
 - Fehlerart bzw. -ort
möglichst bis in Kartenebene
- **Simulationsmöglichkeiten**
- **Stromversorgung:**
 - Netzfilterung
 - Batteriepufferung \geq 5 min
- **Bedienperipherie (mobil):**
 - (Schwarz/weiß-) Bildschirm
 - Stationsbedienteil für
 - Konfigurierung, Parametrierung
 - Test.

7.1.2.2 Anzeige- und Bedienkomponenten

- **Funktionen:**
 - **Anzeige- und Bedienorganisation**
 - In Konsolenkomponente mit eigener Intelligenz:
 - Bildspeicherung
 - Bildaufbau
 - über zentralen Rechner:
 - aktuelle Daten
 - Menü- bzw. Dialog-Programme
 - Hardcopy (Farbe)
 - Übernahme des Bildinhaltes von mehreren Bildschirmen durch Umschaltung
 - Zwischenspeicherung des Bildinhaltes, damit während eines Kopiervorganges die Arbeit am Bildschirm weiterlaufen kann.

- Alarme müsse immer am gleichen Ort angezeigt werden entweder
 - auf Bildschirm mit Meldezeile(n) durchgängig durch alle Darstellungsebenen oder
 - auf separatem Anzeigetableau und/oder
 - auf Alarm-Bildschirm (nur aktuelle Meldungen).

Der Auflösungsgrad soll dabei derart sein, daß

- die gemäß Betreiberdefinition wichtigsten Meldungen direkt zugänglich sind (direkte Quittierung)
- andere Meldungen über Baumstruktur schnell auffindbar sind.

- Druckerprotokolle
 - der Alarmmeldungen mit Quittierung
 - der Betriebsdaten
 - auf Anforderung und/oder
 - in konstantem Zeitraster
 - der Bediener-Eingriffe
- Die Beobachtung und Bedienung kann an der Konsole auf verschiedenen Ebenen einer Bildhierarchie erfolgen. Zusätzlich können mobile Hilfskonsolen, anschließbar an den prozeßnahen Datenerfassungskomponenten, für Test und Service eingesetzt werden. Wichtig ist dabei eine **Durchgängigkeit** der Anzeige und Bedienung, d.h.
 - Meßwerte und Meldungen sind in allen Ebenen und auf allen Darstellungsgeräten, auch auf Druckern, in gleicher Art darzustellen
 - Bedienelemente sollen auf unterschiedlichen Bedienstationen einen möglichst gleichartigen Aufbau haben
 - möglichst Benutzung der deutschen Sprache.
- Manuelle Eingabe von Meßwerten unter Angabe
 - der Meßstelle (durch Konfiguration definiert)
 - der Meßzeit und
 - des Meßwertes
 über Menü oder Dialog mit Plausibilitätsprüfung. Diese Werte müssen über geeignete Verfahren, z.B. Interpolation, den automatisch im festen Zeitraster erfaßten Werten zeitrichtig zugeordnet werden können.

- Manuelle Eingabe von Probandaten unter Angabe
 - der Probenahmestelle (durch Konfiguration definiert)
 - der Zeit der Probenahme
 - der Probennummer und
 - anderer den Analyseauftrag spezifizierenden Daten

über Menü oder Dialog. Diese Angaben werden zu einem späteren Zeitpunkt über ein Terminal im Analyselabor ergänzt durch die dort ermittelten Konzentrationswerte der spezifizierten Analyte. Eine zeitrichtige Zuordnung dieser Werte zu den übrigen Prozeßwerten muß möglich sein (siehe auch Kap. 5.4.)

- Darstellungsformen

- Anlagendarstellung
 - Grafik:
 - Fließbilder mit Roll- oder Blätterfunktion (mit Bildüberschneidungen)
 - textliche Übersicht, evtl. durchgängig durch die Darstellungsebenen
- Gruppenübersicht:
 - Standardbild mit Balkendarstellung und Farbumschlag bei Grenzwertverletzungen (Normfarben).
- Gruppenbild:
 - Standardbild mit dynamischer Balkendarstellung und Grenzwertüberwachung:
 - Wiederholung einzelner Kreise in verschiedenen Gruppen,
 - Darstellung mit Bedienung von
 - Meßkreis
 - Regelkreis
 - Binärfunktion(en)
- Kreisbild:
 - Standardbild des Einzelkreises:
 - Darstellung und Bedienung von
 - Meßkreis
 - Regelkreis
 - Binärfunktion(en)
 - Trend
 - Parametern

- Kurven:
 - freie Zuordnung verschiedener Größen evtl. durch Grafik-Programmierung, optional 3-dimensionale Darstellung.
- Zeitdiagramme (Trends)
 - Auflösung:
 - . Zeitachse:
 - variabel, höchstens 1 min.,
 - Mittelwertbildung zur Zeitraffung,
 - verschiedene Auflösung über definierte Zeitachsenabschnitte,
 - Auflösung bei historischen Daten abhängig vom gewählten Zeitabschnitt,
 - ≥ 100 Werte über Zeitachse
 - . Meßwert-Achse:
 - 100 %-Wert $\hat{=}$ ≥ 200 Bildpunkte
 - Maximal- und Minimalwert wählbar
 - Kombination bis zu 6 beliebiger (auch binärer) Größen über aktuellen wie auch historischen Zeitabschnitten bei jeweils voller Nutzung der Ordinatenauflösung (Unterscheidung durch Farbe!). Konfiguration auch on-line möglich.
 - Schreibersimulation (kontinuierlich) mit dezimaler Darstellung des aktuellen Wertes.
 - Auswahl einzelner Meßwerte durch Cursor-Ansteuerung (Ableselineal) mit dezimaler Darstellung.
 - Ausgabe als Hardcopy (farbig).
- Meldungen:
 - Alarme und Warnungen
 - als Summensignal an festem, nicht löschbarem Ort auf Bildschirm.
 - Details:
 - Anzeige mit Bedienung auf separatem Tableau mit Tastenfeld oder
 - auf gesondertem Bildschirm z.B. als Klartext- oder Mnemonik-Tabelle zusammen mit Quittierungsmeldungen,
 - Tabelle aller noch anstehenden Meldungen,
 - im Fließbild und in Gruppen- und Kreisbildern z.B. durch Farbumschlag.

- In Prozeßsituationen, bei denen mehrere Alarmmeldungen durch Ursachenverkettung ausgelöst werden, ist es wichtig, daß der Ursprungsalarm von den Folgealarmen isoliert wird, damit dadurch dem Betreiber eine effiziente Fehlerbehandlung möglich ist. Das kann durch Unterdrückung der Folgealarme geschehen, wenn der Fehlerfortplanungsmechanismus im voraus bekannt ist.

- Bedienarten

Die Bedienstruktur für die Anwahl einzelner Ebenen in der Darstellungshierarchie muß so beschaffen sein, daß besonders nach Alarmauftritten mit möglichst wenigen Aktionen die relevante Detailinformation gefunden und die daraus abgeleiteten Eingriffe zur Prozeßsteuerung unverzüglich vorgenommen werden können. Lichtgriffel- oder Touchpanelanwahl im Fließbild oder in der Standardübersicht bieten hierfür besonders effiziente Möglichkeiten.

- Funktionstasten

- für - Bildauswahl
- Cursorführung
- Bildzuordnung auf verschiedene Schirme
- Hardcopy
- Alarm-Reaktion

- alpha-numerische Tastatur

- für - Dialogführung
- Sollwerteingabe
- Diagramm-Gestaltung
- z. B. Kurvenschar-Kombination
- Kanalaufruf
- manuelle Eingabe von Meß- und Probandaten

- Tablett oder Maus

- für - Cursorführung (bei Grafikgenerierung)

- Konfigurieren

- über Menü und/oder Dialog
 - in Vorbereitungsphase
 - während des Versuchsablaufs z.B. zur ad hoc-Zusammensetzung von Trends in gemeinsamer Darstellung, besonders auch historischer Trends.

- **Hardware:**

- Zentraleinheit des intelligenten Subsystems (dedizierter Grafikrechner).
- Speicher
ausreichend für
 - hochaufgelöstes Bild (Wiederholtspeicher)
 - aktuelle Daten aus zentralem Rechner
- Massenspeicher für mehrere Bilder z.B. für schnellen Bildwechsel und für die Darstellung verschiedener Bilder auf 3 bis 4 separaten Bildschirmen
- Bedienperipherie (Prozeßkonsole)
 - Drucker für
 - Fehlermeldungen
 - Protokolle
 - Bildschirme
 - farbig, hochauflösend (für Grafik) mind. ca. 500 x 500 Bildpunkte, 19"
 - farbig, Semigrafik (z.B. für Alarme), evtl. 14"
 - evtl. Touchpanel
 - Konvergenz-Korrektur
 - kein Zeilensprung (Halbbild)
 - Hardcopy (Farbe)
umschaltbar auf verschiedene Bildschirme
 - Bedientableau (Funktionstasten)
 - alphanumerische Tastatur
 - Lichtgriffel, Digitalisiertablett o.ä.
- Busanschaltung:
Kopplung des Subsystems an zentralen Rechner
- Spannungsversorgung
Akku-Pufferung wie zentraler Rechner zur Überbrückung kurzzeitiger Netzausfälle (≥ 5 min.)

- Leistung/Kapazität:

- Anzeigearten:

- auf 2 hochauflösenden Bildschirmen
Darstellung sowohl der Standardbilder als auch der vom Benutzer frei konfigurierbaren Bilder und Kurven.

- Standardbilder:

- in Übersicht (evtl. aufgeteilt)
alle analogen und binären Eingangskanäle mit Abweichungsrichtung, Alarm- und Fehlermeldung,
- einfaches und damit schnelles Umschalten auf Detailbilder und Rückschalten in Übersichtsbild.

- Fließbilder:

- Aufteilung einer Gesamtübersicht in etwa 6 sich überschneidende Einzelbilder oder Möglichkeit zum kontinuierlichen Durchschieben (PAN- oder ROLL-Funktion).
- Darstellung von Einzelstrukturen (z.B. Regelkreise)
- Ereignisabhängiger Farbwechsel von Bildelementen (Symbole und Verbindungslinien).
- Historischer Anlagenzustand mit Status- und Analogwerten, aufrufbar für wahlfreie Zeitpunkte.
Schrittweise Fortsetzung einer Bildfolge, die sich aus der Statusänderung der dargestellten Anlagenkomponenten ableitet.

- Kurven:

- Überlagerung von 4 bis 6 Kurven, Zusammensetzung sowohl starr konfiguriert als auch frei wählbar für aktuelle wie auch historische Trends (Zeitfenster beliebig wählbar),
- gemeinsame Darstellung sowohl analoger wie auch binärer Kanäle.

- Bedienarten:

- je Bildschirm eine Bedientastatur mit einheitlichem Funktionstastensatz,
- alphanumerische Tastatur,
- evtl. Funktionszuordnung von (numerierten) Tasten über Softkeys auf Bildschirm,
- evtl. Bedienerführung über beleuchtbare Tasten,
- gestaffelte Zugriffsverriegelung.

- Zeitverhalten:
 - Zeitverzögerungen
 - zwischen Erkennen einer Fehlersituation und Alarmmeldung: $< 0,2$ s
 - bei Bildwechsel: wenige Sekunden
 - zwischen Eingriff an Konsole und Reaktion im Bild: $< 0,5$ s
 - zur Aktualisierung der Bildvariablen: ≥ 2 s
- Buskommunikation:
 - Ereignis- und Alarmmeldungen müssen evtl. in einer gegenüber dem allgemeinen Datentransfer höheren Priorität übertragen werden,
 - größere Entfernung (max. 500m) zwischen zentralem Rechner und Konsole darf nicht zu merkbarer Beeinträchtigung des Zeitverhaltens führen.

7.1.2.3 Buskomponenten

- Funktionen

- Die Busorganisation muß einen zuverlässigen und ausreichend schnellen Datentransfer zwischen den Systemkomponenten gewährleisten.
- Der Hauptanteil der Datenübertragung ist auf den Transfer der in den prozeßnahen Komponenten erfaßten Daten in den zentralen Rechner und zu den Anzeige- und Bedienkomponenten konzentriert. Dazu gehört auch die möglichst verzögerungsfreie Alarmübertragung.

Der Signalverkehr der Systemselbstdiagnose belastet zusätzlich die Buskomponenten.

Bediensignale spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle.

Unterschiedliche Toleranzen für Übertragungszeiten sind durch Prioritätsstaffelung der Nachrichten zu realisieren.

- Hardware:

Komponenten und Leitungstechnik sind den gegebenen Entfernungen und Umgebungsbedingungen (Störfeldimmunität) anzupassen.

Struktur:

- Stern oder
- Ringbus (mono- oder bidirektional).

- Leistung/Kapazität:

- Buskapazität:
ergibt sich im wesentlichen aus der Anzahl der in durchschnittlichen Auswertezyklus von 1 min zu übertragenden Analogdaten.
- Zeitverhalten:
ergibt sich aus den Anforderungen an die Anzeige- und Bedienkomponenten.
- Entfernungen:
max. 500m zwischen den Komponenten der Datenerfassung oder Bedienung und dem zentralen Rechner.
- Übertragungssicherheit:
Das System muß eine zuverlässige Übertragung vor allem der Ereignismeldungen gewährleisten, da diese nicht durch Weiterverarbeitung korrigierbar sind.
Redundante Auslegung mit automatischer Umschaltung (über Buskoppler) muß möglich sein.
- Erweiterbarkeit:
Das System muß sich ohne großen Aufwand durch zusätzliche Erfassungskomponenten erweitern lassen.

7.1.2.4 Zentraler Rechner

- Funktionen:

- Eingangssignale
 - Übernahme aus prozeßnahen Komponenten,
 - serielle Schnittstellen für vorgeschaltete Geräte,
 - manuelle Eingabe über Terminal.

- mathematische Algorithmen
- programmierbare Algorithmen
 - Linearisierung
 - Umrechnung über Stützpunkt-Tabellen
 - Grenzwertüberwachung
- Bildung von Berechnungsvariablen
- Überwachung der
 - Zeitzuordnung
 - Zeitauflösung
- Ausgangssignale
 - Übergabe an prozeßnahe Komponenten
- Zwischenspeicherung der Daten zur Darstellung der Meßwerte über 8 bzw. 24 Stunden-Zeitraum
- Archivierung
- Auswertung und Darstellung archivierter Daten nach Abschluß der Kampagne
- Verwalten und Einordnen der manuell eingegebenen Daten in die am Prozeßablauf orientierte Datenbank. Das betrifft besonders die mit der Analytik korrespondierenden Proben-daten. Hierbei sind unter anderem nach Kenntnisaufnahme der Analyseergebnisse der einzelnen Proben rückwärtige Korrek-turen derjenigen Prozeßgrößen erforderlich, die ab dem Zeit-punkt der Probennahme über vorläufige Schätzwerte berechnet worden waren.
- Ableitung der Startbedingungen für Bearbeitungs-Routinen über
 - Realzeitwerte
 - feste Zeitintervalle
 - Ereignisse, aus Meßwerten ermittelt.
- Analyse von Meßwerten aus prozeßbedingt dynamischen Signalen (z. B. Beeinflussung der Niveaumessung durch Mischerluft).
- Unterdrückung von Meßwerten über eine vorgegebene Zeitspanne nach Eintritt eines Ereignisses, um z.B. Messungen während Einschwingvorgängen auszuklammern.

- Hardware:

- VAX11/750 oder MicroVAX II von DEC,
evtl. mit Grafikprozessor (ausgelagert in Bildschirmnähe).
- Speicher
 - Arbeitsspeicher
 - Massenspeicher (Fest- und Wechselplatte, Band).
- Systemperipherie
 - Drucker
 - Systemterminal
für Programmentwicklung, Test.
- Kopplungsschnittstelle für Systembus.
- Möglichkeit einer LAN-Ankopplung
bzw. Ankopplung an IBM (Rechenzentrum).
- Terminals für weitere Benutzer:
 - Modellrechnung
 - Analytik-Labor.
- Spannungsversorgung:
 - Netzfilterung
 - Batteriepufferung \geq 5 min

- Prozeß-Ein-/Ausgangskomponenten:

- serielle Schnittstellen
für vorgeschaltete Meßgeräte

- Software:

- Betriebssystem:
Ausgereiftes Multitasking-Multiuser-System, das ausreichenden Schutz der Benutzer vor gegenseitiger Störung bietet und Schutz des Systems gegen (noch) fehlerhafte Benutzer-Tasks.
- höhere Programmiersprachen zur
 - Einbindung eigener SW-Module
 - Kommunikation mit Analytik.

- Datenbank
mit einer Verwaltung, die geeignet ist
 - für schnellen Zugriff auf historische Daten zur Versuchsauswertung, wobei der Benutzer freie Hand bei der Auswahl der Suchbegriffe behalten muß;
 - für den Einsatz eines umfassenden Labor-Informations- und Managementsystems für die Analytik.

- Softwarefehler im Bereich des Betriebssystem sollen erkannt und möglichst im Klartext ausgegeben werden.

Leistung/Kapazität:

- ausreichend ausbaufähig
 - für Aufgabenerweiterungen im Rahmen der Prozeßüberwachung,
 - für eine Ankopplung weiterer Benutzer

- die mittlere Auslastung der Zentraleinheit des Rechners durch die Prozeßüberwachung soll so bemessen sein, daß Realzeitanforderungen durch Spitzenbelastungen nicht merkbar beeinträchtigt werden.

7.1.3 Fremdsystemkopplung

Fremdsysteme oder vorgeschaltete Geräte sind

- Waagen,
die unter eigener Regie die Wägungen durchführen, dann die Massewerte ermitteln und sie dem Leitsystem zur Verfügung stellen;

- Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS),
die in der Backup-Warte installiert sind und dem Leitsystem Meldungen über intern gebildete Alarme und über den eigenen Betriebszustand zur Verfügung stellen. Binäreingänge und die daraus in den SPS gebildeten Steuersignale gehen zusätzlich in das Leitsystem, das diese nach gleicher Logik verarbeitet und dadurch in der Lage ist, die SPS-Funktionen zu überwachen. Es kann erforderlich werden, die von der SPS erfaßten Binärsignale blockweise über einen seriellen Transfer in das Leitsystem zu übernehmen.

- Regler,
die in der Backup-Warte installiert sind. Sie sollen vom Leitsystem Sollwerte (bei entsprechender Verriegelung der Handeingabe) übernehmen können und Meldungen über intern gebildete Alarme und über den eigenen Betriebszustand zur Verfügung stellen; das Leitsystem übernimmt die manuell an den Reglern eingestellten Sollwerte als Analogwerte.

- Alpha-Monitore,

die im Zeitraster von max. 10 Minuten Meßwerte in analoger bzw. digitaler Form zur Verfügung stellen.

7.1.3.1 Funktionen

- Bis auf die Übergabe der erwähnten Werte und Meldungen einschließlich der Verriegelungssignale für die Regler verhalten sich die Systeme neutral zueinander.

- Die Kopplung erfolgt von den einzelnen Komponenten direkt zu den prozeßnahen Datenerfassungseinheiten des Leitsystems, bei den Waagen möglicherweise über serielle Kopplungen an den Zentralrechner.

7.1.3.2 Datenübergabe

- Alarm- und Zustandsmeldungen werden ereignisgesteuert (Interrupts) übergeben.

- Meßdaten der Waagen gelangen über eine asynchrone Schnittstelle in das Leitsystem und werden dort wie direkt erfaßte Meßwerte weiterverarbeitet.

- Sollwerte der Regler und Meßwerte der Alpha-Monitore werden als analoge Größen übergeben.

- Meßdaten aus den SPS-Einheiten werden im festen Zeittakt übernommen.

7.1.3.3 Datenpräsentation

- Datenart

Zustands- und Alarmmeldungen werden als Binärsignale übernommen bzw. übergeben. Sollwerte und Meßwerte werden als Analogwerte transferiert. Meßwerte der Waagen werden als digitalisierte Analogwerte übernommen (V.24-Schnittstelle).

- Datendarstellung

der Waagen-Meßwerte als Dezimalziffern evtl. mit Bereichsangabe in ASCII-Code oder als Dualzahlen mit Meßbereichsangaben.

7.1.3.4 Kopplungsüberwachung

muß mit den Herstellern der Fremdsysteme abgestimmt werden:

- Betriebszustand
- Fehlerzustand
 - Waagenmeßwerte: Anwendersoftware liefert Fehlermeldung, wenn n-malige Aufforderung zum Datentransfer ohne Antwort blieb.

7.1.3.5 Koppelkomponenten:

Hardware ist Hersteller-abhängig.

7.1.3.6 Leistung/Kapazität

- Kapazität:

Anzahl der Waagen	Regler	SPS ²⁾	Alpha-Monitore
MILLI 16 ¹⁾	8	1	-
PUTE -	-	1	2
MINKA -	8	1	2

¹⁾ Waagen der Fa. Sartorius, Typen 1507-MP8 (14 Stck) mit RS423-3808-MP8 (2 Stck) Interface

²⁾ SPS der Fa. Siemens, Typ Simatic S5-150S

- Zeitverhalten:
 - Waagen: - max. 1 Wert/Sekunde
 - Regler: - Zyklische Abfrage bzw. ereignisgesteuerte Übernahme der Meldungen;
 - Zyklische Abfrage der Sollwerte (1/min);
 - SPS: - Zyklische Abfrage bzw. ereignisgesteuerte Übernahme der Meldungen;

Alpha-

Monitore: - Ereignisgesteuerte Übernahme der Meßwerte.

- Entfernung:
 - max. 15m (von Backup-Warte zu Leitsystem).

7.2 Systemeinsatz

7.2.1 Projektieren

7.2.1.1 Dokumentation

Da wegen des Experiment-Charakters der Anlagen häufig Änderungen der Anforderungen auftreten und damit Komponenten ausgetauscht oder ergänzt werden müssen, sind ausreichende und übersichtliche Informationen zu allen Teilbereichen und Komponenten des Systems wichtig. Darunter fallen:

- Funktionsbeschreibung und
- Komponentenbeschreibung
- möglichst in deutscher Sprache in
- übersichtlicher Form und
- vollständiger Zusammenstellung.

7.2.1.2 Projektierungshilfen

Damit der Anwender das System weitgehend selbständig projektieren kann, sollten ihm ausreichende Hilfen zur Verfügung stehen. Darunter fallen:

- Formblätter,
- Anwendungsbeispiele,
- Arbeitsmittel, z.B. zur Erstellung von Fließbildern,
- Duplizierung realisierter Funktionen.

7.2.1.3 Strukturieren

- Die Hardware muß sich multifunktional entsprechend einzelner Prozeßabschnitte aufteilen lassen.
- Die Hardware ist dezentral zu konzipieren für eine Aufteilung in
 - den prozeßnahen Bereich,
 - den Wartenbereich,
 - den Rechnerraum.
- Ein modularer Aufbau des Systems und der einzelnen Komponenten muß eine einfache Umgestaltung des Leitsystems erlauben.

7.2.1.4 Konfigurieren

Vorgefertigte Funktionen für die wichtigsten Systemaufgaben müssen in standardisierter Form vorliegen und miteinander flexibel verknüpft werden können. Wichtig sind folgende Punkte:

- Mittel
 - Menü oder Dialog über
 - konventionelle Tastatur
 - Überprüfung auf Vollständigkeit der Angaben
- Archivierung der Konfigurierdaten (siehe auch 7.2.1.8)
 - auf Diskette oder ähnlichem Medium (austauschbar)
 - an zentralem Rechner;
- Darstellung der wichtigsten Kreisparameter im Kreisbild;
- Änderung der Strukturierung on-line;
- Konfigurierung der Bedienstation:
 - vorkonfektionierte (Standard-) Bilder,
 - freikonstruierbare Bilder mit
 - Standardsymbolsatz,
 - Erweiterung des Symbolsatzes
 - auf Bildpunkt-Basis oder
 - durch Einzelsymbole (Zeichenbasis), skalierbar.

- Konfigurierung der Datenerfassungseinheit:
 - Linearisierung
 - Stützpunkt-Tabellen
 - Arithmetikfunktionen
 - Meldung, Alarmierung, Überwachung mit Wichtung
 - Logikfunktionen
 - Zeit-, Zählfunktionen
 - Protokollierung der
 - Ereignisse
 - Bedienungseingriffe.

7.2.1.5 Programmieren

Spezielle Anforderungen sind möglicherweise nur über eigene Erstellung von Funktionen zu erfüllen. Hierzu muß eine höhere Programmiersprache für die eigene Programmierung zur Verfügung stehen.

7.2.1.6 Parametrieren

Die Anpassung der Funktionen (siehe 7.2.1.4) an den Prozeß erfolgt über Parameter. Die jeweils geeignete Parametrierung muß vom Anwender leicht definiert und ausgeführt werden können. Besonders hierfür ist Hilfestellung durch passende Beispiele zu geben. Eine Überprüfung muß erfolgen auf Plausibilität oder Zulässigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

7.2.1.7 Personal

Durch gründliche Schulung ist das Anwenderpersonal für die Aufgaben des Projektierens zu qualifizieren.

7.2.1.8 Archivierung

Die vom Anwender gemachten Angaben zur Projektierung, also zur Konfigurierung und Parametrierung über Menü- oder Dialogführung sind automatisch zu dokumentieren und als Hardcopies auszugeben. Eine Rückdokumentation durch Darstellungen auf dem Bildschirm ist erforderlich für die gezielte Änderung einzelner Funktionen besonders während des Prozeßbetriebes.

Die Dokumentation muß die Möglichkeit bieten, einzelne Projektierungsschritte zu einem späteren Zeitpunkt schnell nachvollziehen zu können, wenn z.B. Änderungen oder Duplizierungen erforderlich werden. Deshalb soll möglichst im Klartext dokumentiert werden mit der Möglichkeit, Kommentare anzufügen.

Querverweise sollen zeigen, in welchen Bildern und Darstellungen einzelne Meßkreise oder Größen verwendet wurden, vor allem dann, wenn sie mehrfach eingesetzt sind (z.B. einzelne Meßkreise in mehreren Gruppen).

7.2.2 Installieren

7.2.2.1 Aufbautechnik

- Die einzelnen Systemkomponenten sind in Rahmen und **Schränken** in übersichtlicher Anordnung so unterzubringen, daß im Störfall ein schnelles und sicheres Auswechseln möglich ist. Der Einbau zusätzlicher Komponenten muß ohne großen Aufwand möglich sein. Voraussetzung dafür ist eine übersichtliche Führung der Kabel, ihre standardmäßige Ausrüstung mit Systemsteckern und eine gute Zugänglichkeit. Die Schränke sind mit ausreichender Belüftung zu versehen, die einfach überwacht werden kann.
- Durch möglichst einseitige Zugänglichkeit der Schränke für die prozeßnahen Komponenten (Warten) ist der **Platzbedarf** auf ein Minimum zu reduzieren.
- die **Aufstellung** der Schränke in der Warte muß ausreichend Spielraum bieten durch genügend lange Verbindungskabel (ca. 15m), die gegen EMV-Einfluß geschützt sind.
- Die der Warte direkt zugeordneten Komponenten, wie Tastaturen und Bildschirme müssen zum einfachen **Transport** geeignet sein (mobile Warte).

7.2.2.2 Verbindungstechnik

- Prozeßnahe Komponenten
Die Sensoren und Aktoren sind in den Prozeßanlagen installiert. Zuleitungen zur jeweiligen Backup-Warte sind verlegt.

- Prozeß-Ein-/Ausgänge

Die weitgehend konditionierten Signale werden an den jeweiligen Backup-Warten rangiert. Die Ein-/Ausgangskarten müssen Möglichkeiten zur Einzel- oder gemeinsamen Erdung bieten und eine galvanische Trennung erlauben. Anschlußleisten müssen Schraubanschlüsse aufweisen und Möglichkeit zur Signalkonditionierung bieten (evtl. auf Karten). Rangiermöglichkeit sollte vorhanden sein.

- Anzeige und Bedienung

Die Wartenkonsolen werden maximal 500 m vom zentralen Rechner entfernt installiert.

- Bus

Die Datenerfassungssysteme, die im jeweiligen Wartenbereich installiert sind, werden mit dem zentralen Rechner entweder einzeln sternförmig (eine Verbindung je Prozeßanlage) oder gemeinsam über einen (Ring-) Bus mono- oder bidirektional verbunden. Aus Gründen der Sicherheit ist ein doppelter Bus mit automatischer Umschaltung bei Störungen zu verlegen.

Die Leitungen müssen gegen EMV-Einfluß gesichert und von den Komponenten galvanisch getrennt sein.

Eine Überwachung der Leitungen muß automatisch erfolgen.

7.2.2.3 Hilfsenergie

Für die Spannungsversorgung stehen 220V Wechselstrom (+/-10%, 50 Hz) zur Verfügung. Zur Pufferung gegen kurzzeitigen Spannungsabfall ist in den Komponenten Akku-Betrieb vorzusehen (Kapazität für ca. 5 min. Betrieb).

7.2.2.4 Umgebung

Der zentrale Rechner wird in einem klimatisierten, vom Prozeßbereich abgeschlossenen Raum installiert.

Die Datenerfassungskomponenten und die Bildschirmkonsolen werden in prozeßnahen Wartenräumen aufgestellt. Dort muß mit Temperaturen zwischen 15 und 40°C, einer Feuchte zwischen 20 und 80 %, einer von den Prozessen beeinflussten chemisch beeinträchtigten aggressiven Atmosphäre und Staub wie auch mit elektromagnetischen Störfeldern gerechnet werden.

7.2.3 Inbetriebnehmen

Die Prozesse werden einzeln in Kampagnen von 3 bis 4 Wochen Dauer betrieben. Ihre Überwachung übernimmt das Leitsystem parallel zu der Backup-Warte. Da das System auch die in der Backup-Warte generierten Alarme überwacht, ist es sinnvoll, die Backup-Warte zuerst in Betrieb zu nehmen und danach erst das Leitsystem zu starten.

Die On-line-Änderung der Parameter muß es erlauben, die einzelnen Prozeßkomponenten nacheinander anlaufen zu lassen.

Die Meßdaten sollen in einer gemeinsamen Datenbasis gesammelt werden und für die Konsole zur Verfügung stehen.

Für Inbetriebnahmetests ist es sinnvoll, Signale einzelner Geber simulieren und mit einer mobilen Hilfskonsole in Prozeßnähe einzelne Komponenten beobachten und gegebenenfalls parametrieren zu können.

Nach Ablauf einer Kampagne muß das Leitsystem in der Lage sein, die archivierten Daten auf den Bedienstand für die Kampagnenauswertung zurückzuspielen und Prozeßabläufe in geraffter Form off-line zur Darstellung zu bringen, entweder nur in historischen Trends oder auch in Fließbildentwicklungen.

7.2.4 Betreiben

7.2.4.1 Prozeßnahe Komponenten

- Dokumentation

Der Betreiber muß sich ausreichend und schnell informieren können über Handgriffe und Überwachungsaufgaben, die während des Betriebes der Anlage erforderlich sind, ganz besonders im Störfall.

- Vorschriften

Die üblichen Vorschriften, die vornehmlich der Sicherheit des Betreiberpersonals dienen, sind einzuhalten.

- Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit

Die wichtigste Aufgabe des Systems besteht darin, alle prozeß-relevanten Daten möglichst lückenlos in vorgegebenen Zeiträumen zu übernehmen und abzuspeichern, damit eine ausreichend genaue Auswertung des Versuchsablaufes durchgeführt werden kann. Deshalb müssen besonders die prozeßnahen Komponenten mit einer extrem hohen Zuverlässigkeit arbeiten und im Störfall schnell repariert werden können. Diesen Anforderungen wird ein System nur dann gerecht, wenn es verfügt über

- hohe Eigensicherheit;

- kontinuierliche Selbstüberwachung;

dazu gehören

- Speichertests

- Überwachung des Programmablaufes

- Überwachung auf der Ebene der Prozeßschnittstelle,

z.B. - Drift der Analog-Ein- und Ausgänge

- Kurzschluß oder Leitungsunterbrechung;

- automatische Fehlerdiagnose mit hohem Grad der Auflösungs-tiefe:

- Möglichkeit zum schnellen Austausch defekter Komponenten durch den Betreiber;

- weitgehende Vereinheitlichung der Komponenten, um eine kostengünstige Lagerhaltung zu gestatten:

- möglichst keine gegenseitige Beeinflussung oder Abhängigkeit der Komponenten untereinander, damit eine Fehlerfortpflanzung vermieden wird und eine Reparatur on-line möglich ist.

- Änderbarkeit

Änderungen zum Zwecke einer Optimierung oder Reparatur müssen bei laufendem Betrieb durchgeführt werden können und sollen einzelne Hardwareteile wie auch Parametereinstellungen betreffen dürfen. Eine Verriegelung gegen Eingriffe Unberechtigter kann dabei von Nutzen sein.

7.2.4.2 Anzeige und Bedienung

- Dokumentation

Alle zur Überwachung der Prozesse über die Warten-Konsole erforderlichen Hinweise und Anleitungen müssen übersichtlich in einem Bedienungshandbuch dokumentiert sein und sollen möglichst in deutscher Sprache vorliegen.

- Personalqualifikation, Schulung

Das Betreiberpersonal muß vor Inbetriebnahme des Systems durch geeignete Maßnahmen ausreichend für die jeweilige Aufgabenstellung qualifiziert werden können, sowohl über

- ausreichende Schulung, z.B. an einem Demonstrationssystem als auch über
- Prozeßsimulation an der Anlage selbst.

7.2.4.3 Bus

Die Funktionen des Bussystems zwischen den Systemkomponenten müssen ausreichend dokumentiert sein und sowohl on-line als auch off-line überwacht und überprüft und die Resultate der Überprüfung in geeigneter Weise dargestellt werden können. Kommunikationsfehler, wie Signalverfälschung, Signalverlust und Signalfehlverbindungen müssen verhindert oder zumindest erkannt und angezeigt werden können.

7.2.5 Instandhaltung

Hier soll noch einmal darauf hingewiesen werden, daß nicht beabsichtigt ist, die drei Prozesse gleichzeitig zu betreiben und daß sie jeweils in Kampagnen von begrenzter Dauer (ca. 3 bis 4 Wochen) laufen. Während einer Kampagne wird ein Höchstmaß an Verfügbarkeit gefordert. Unter diesem Gesichtspunkt müssen die im folgenden aufgeführten Kriterien gewertet werden.

7.2.5.1 Dokumentation

Der Betreiber muß durch ausreichend und übersichtlich gestaltete Dokumentation in die Lage versetzt werden, das System möglichst unter eigener Regie instand zu halten.

7.2.5.2 Fehlerdiagnose

Der Betreiber muß in die Lage versetzt werden, durch geeignete Test- und Service-Hilfsmittel Fehler und Fehlertendenzen im System frühzeitig zu erkennen oder durch Meldungen auf diese aufmerksam zu werden.

7.2.5.3 Fehlerbeurteilung

Der Betreiber muß in der Lage sein, aufgrund einer entsprechenden Schulung und über Dokumentation und Fehlerdiagnose Störsituationen richtig beurteilen zu können.

7.2.5.4 Fehlerbeseitigung

Eine hohe Verfügbarkeit kann dann erreicht werden, wenn der Betreiber selbst imstande ist, mit Hilfe von Reparaturhinweisen aufgetretene Störungen im System zu beseitigen. Das System muß gezielt Informationen über Fehlerart und fehlerhafte Komponente liefern über Protokollausgaben, Bildschirmdarstellungen in allen Bildhierarchieebenen und Leuchtanzeigen an Schränken und Komponenten. Ferner werden gute Zugänglichkeit zu den Komponenten und einfache Austauschbarkeit aller störungsanfälligen Teile gefordert. Dadurch kann weitgehend auf Reparierbarkeit beim Betreiber verzichtet werden, soweit es sich um austauschbare Komponenten handelt.

7.2.5.5 Ersatzteile

Komponenten, die für zwei oder drei der Prozesse beschafft werden, stehen an den jeweils nicht im Kampagnenbetrieb befindlichen Prozessen für Austausch Zwecke zur Verfügung. Daneben sollten Teile, die sich als besonders störungsanfällig herausstellen, zusätzlich gelagert werden, sofern die Anschaffungskosten eine mögliche Zeitersparnis nicht aufwiegen.

Komponenten, die im Gesamtsystem nur einfach vorhanden sind, hohe Kosten verursachen und wenig störanfällig sind, sollen zumindest während der Kampagnenzeiten vom Systemlieferanten schnellstmöglich bereitgestellt werden können.

7.2.5.6 Vorbeugende Wartung

Komponenten, die Verschleißteile enthalten, sollen einer regelmäßigen vorbeugenden Wartung unterzogen werden. Hierbei handelt es sich vornehmlich um Computerperipherie und Teile der Wartenkonsole.

7.2.5.7 Personalqualifikation

Ein großer Teil der Instandhaltungsaufgaben kann vom Betreiber übernommen werden, wenn eigenes Personal durch Ausbildung und Schulung ausreichend qualifiziert werden kann. Schulung durch den Lieferanten und den Rechnerhersteller soll möglich sein.

7.3 Systemlieferant

7.3.1 Projektabwicklung

Aus finanztechnischen Gründen muß das Gesamtprojekt in 3 bis 4 Stufen aufgespalten werden. Um dennoch eine zügige Abwicklung der einzelnen Stufen zu gewährleisten, ist ein enger Kontakt zwischen dem Auftraggeber und dem Systemlieferanten erforderlich.

- Der Systemlieferant sollte die Projektabwicklung und -betreuung von einem in der Nähe des Betreibers liegenden **Standort** (z.B. Technisches Büro, Zweigniederlassung) aus wahrnehmen.
- Zur Planungsunterstützung soll ausreichend **qualifiziertes Personal** mit deutschen Sprachkenntnissen zur Verfügung stehen.
- Der Systemlieferant ist **verantwortlich** für den vollen Lieferumfang.
- Ein erster **Systemtest** erfolgt beim Lieferanten und umfaßt Standardtests.
Projektspezifische Tests sind am Einsatzort vorzunehmen.
- Der Systemlieferant führt die **Installation** des Systems am Einsatzort aus.
- Die **Schulung** des Betreiberpersonals kann entweder beim Lieferanten oder beim Betreiber erfolgen und schließt ausreichende Dokumentation mit ein.

7.3.2 **Wartung**

Um die Verfügbarkeit des Systems vor allem während einer Versuchskampagne so hoch wie möglich zu halten, wird besonderer Wert auf schnelle Störungsbeseitigung gelegt. Aus diesem Grunde muß der Systemlieferant

- in Betreibernähe ausreichend qualifiziertes **Wartungspersonal** zumindest während der Kampagnen bereithalten können und dort auch
- über ein ausreichendes Sortiment an **Ersatzteilen** verfügen und kurze Nachliefer- oder Reparaturzeiten garantieren können für Komponenten, die aus dem Lager des Betreibers zur Störungsbeseitigung eingesetzt werden. Standardteile sollen in Betreibernähe gehalten werden, Spezialkomponenten schnellstens beschaffbar sein.

Wegen der unterschiedlichen Anforderungen an die Verfügbarkeit muß der Lieferant verschiedene Wartungsvertragsarten anbieten können.

7.3.3 **Referenzen**

Um das Risiko des Betreibers beim Einsatz eines neuen Systems zu mindern, sollte der Lieferant Kenntnisse und Erfahrungen durch bereits eingesetzte Systeme unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen wie denen des Betreibers nachweisen können.

7.3.4 **Weiterentwicklung**

Die derzeitige Entwicklung auf dem Gebiet der digitalen bildschirmgestützten Leitsysteme läßt eine Standardisierung in absehbarer Zeit nicht erkennen. Da wegen der Komplexität der Systeme eine hohe Nutzungszeit erwartet wird, muß vom Lieferanten eine ausreichend lange Systempflege erwartet werden. Deshalb ist eine Stellungnahme wichtig zu den Punkten

- eigener absehbarer Systemergänzungen durch den Lieferanten,
- bei Systemweiterentwicklung: Gewährleistung der Kompatibilität gegenüber dem angebotenen System,

- Möglichkeiten der modularen Ausbaubarkeit des Systems durch den Betreiber und
- garantierter Zeitraum von etwa 10 Jahren für Ersatzteillieferungen.

8. Auswertung der Ausschreibung

Im Juni 1985 war die Angebotsanforderung Nr. 3758/C1 an die Firmen

- BBC, Brown, Boveri & Cie AG
- van Hengel Instrumente GmbH
- Elektrowatt Ingenieurunternehmung GmbH
- Fisher Controls GmbH
- Münzer & Diehl Vertriebsgesellschaft mbH
- Siemens AG
- Dornier System GmbH
- Philips GmbH
- Klaus Jakob MSR-Technik
- Comtronic Computergesellschaft mbH
- Rösberg Prozeßautomatisierung GmbH

gesandt worden.

Von diesen 11 angeschriebenen Firmen reagierten 6 Firmen mit der Abgabe eines Angebotes. Eines dieser Angebote gab für die Kosten der Software lediglich einen groben Schätzwert an. Eine genaue Abschätzung der Kosten, so die anbietende Firma, könne erst nach Erstellung eines detaillierten Lastenheftes ermittelt werden. Wegen der fehlenden Spezifizierung der Software wurde dieses Angebot in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

Mit einigen der an der Ausschreibung beteiligten Firmen hatten bereits im Zuge der Konzeptfindung intensive Kontakte bestanden. In diesem Rahmen hatten ausführliche Beratungen mit Demonstrationen von Leitsystemen dazu beigetragen, die Anforderungen, wie sie anschließend in einem detaillierten Lastenheft zusammengestellt worden waren, auf realistischer und praktikabler Grundlage zu entwickeln. Manche Angaben im Lastenheft waren allerdings, sofern es sich nicht um zwingend vom Prozeßablauf oder vom Auftraggeber vorgeschriebene Vorgaben handelte, bewußt nicht extrem eingengt worden, um den Firmen einen für die Angebotsabgabe erforderlichen Freiraum weitestmöglich zu belassen.

Die einzelnen Anforderungskriterien des Lastenheftes erhielten unter dem Aspekt der Einsatzvorgaben für das System Wichtigkeitswerte zwischen 0 (ohne Bedeutung) und 5 (unverzichtbar).

Bei der Durchsicht der Angebote zeigte sich, daß die vorgelegten Konzepte derartige Unterschiede in einzelnen Strukturmerkmalen aufwiesen, daß eine rein numerische Bewertung nach dem Lastenheft nicht sinnvoll erschien. Es wäre notwendig gewesen, mit großem zusätzlichem Zeitaufwand die oft nur pauschal gelieferten Angaben in Details aufzulösen, um diese dann endgültig bewerten zu können in Rücksprache mit dem Auftraggeber und Anwender. Stattdessen wurde in Form von Kriterienlisten überprüft, ob in den einzelnen Angeboten die geforderten Leistungsmerkmale

- vorhanden
- eingeschränkt vorhanden
- nicht vorhanden
- eventuell vorhanden (Klärung mit Anbieter erforderlich)
- ohne Angabe belassen

waren.

Eine ganz wesentliche Rolle, so wurde erkennbar, spielte die Preisgestaltung. Deshalb wurde für die Auswertung anhand einer Grundstruktur des Systems für jedes der angebotenen Systeme (Anhang A) ein vergleichbarer Mindestpreis (Anhang B) ermittelt. Zusätzliche Listen zeigen, mit welcher Peripherie der Zentralrechner und die Datenerfassungseinheit (Frontendrechner) bei diesem Mindestpreis jeweils ausgestattet ist (Anhang C) und welche Komponenten bei der Installation des Systems zusätzliche Kosten verursachen werden (Anhang D). Ganz grob gesehen lassen sich dadurch für das Grundsystem drei Preisgruppen bilden:

1. Gruppe: ≥ 2 MDM
2. Gruppe: 1 bis 1,3 MDM
3. Gruppe: ca. 0,5 MDM

Ein Preis/Leistungs-Verhältnis der einzelnen Angebote kann aus der Auflistung der gegebenen Vorteile und der erkennbaren Nachteile (Anhang E) ermittelt werden sowie aus der Gegenüberstellung der aufsummierten Kriterien des Lastenheftes mit den jeweils höchsten Wichtungen 4 und 5, die unterschiedliche Leistungsmerkmale erbrachten (Anhang F).

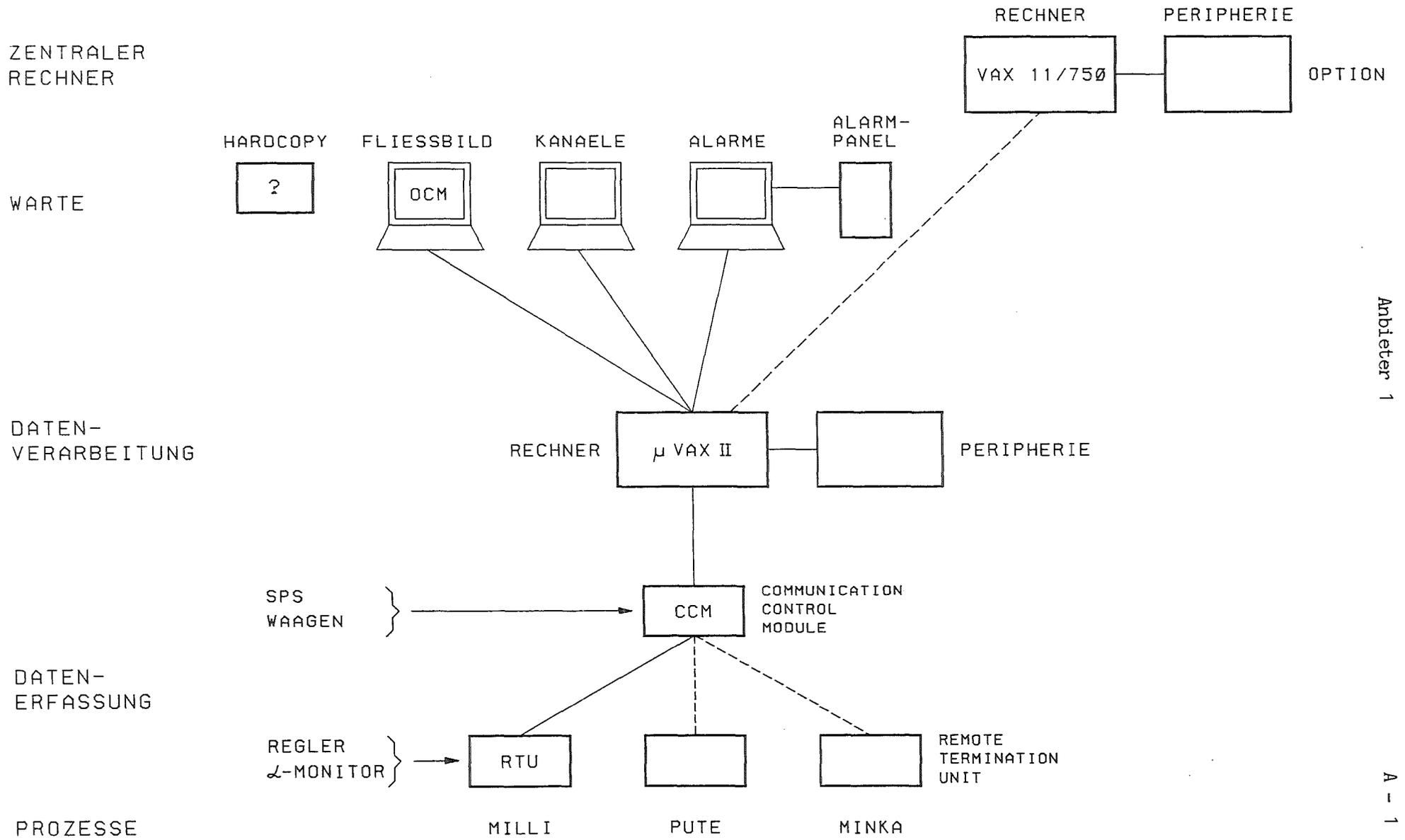
Es zeigte sich, daß 1 Angebot in der Preisgruppe 1 einen sehr großen Teil der höchstgewichteten Anforderungen direkt erfüllt und auch in der Listung der Vorteile besonders günstig zu bewerten ist (Anbieter 1).

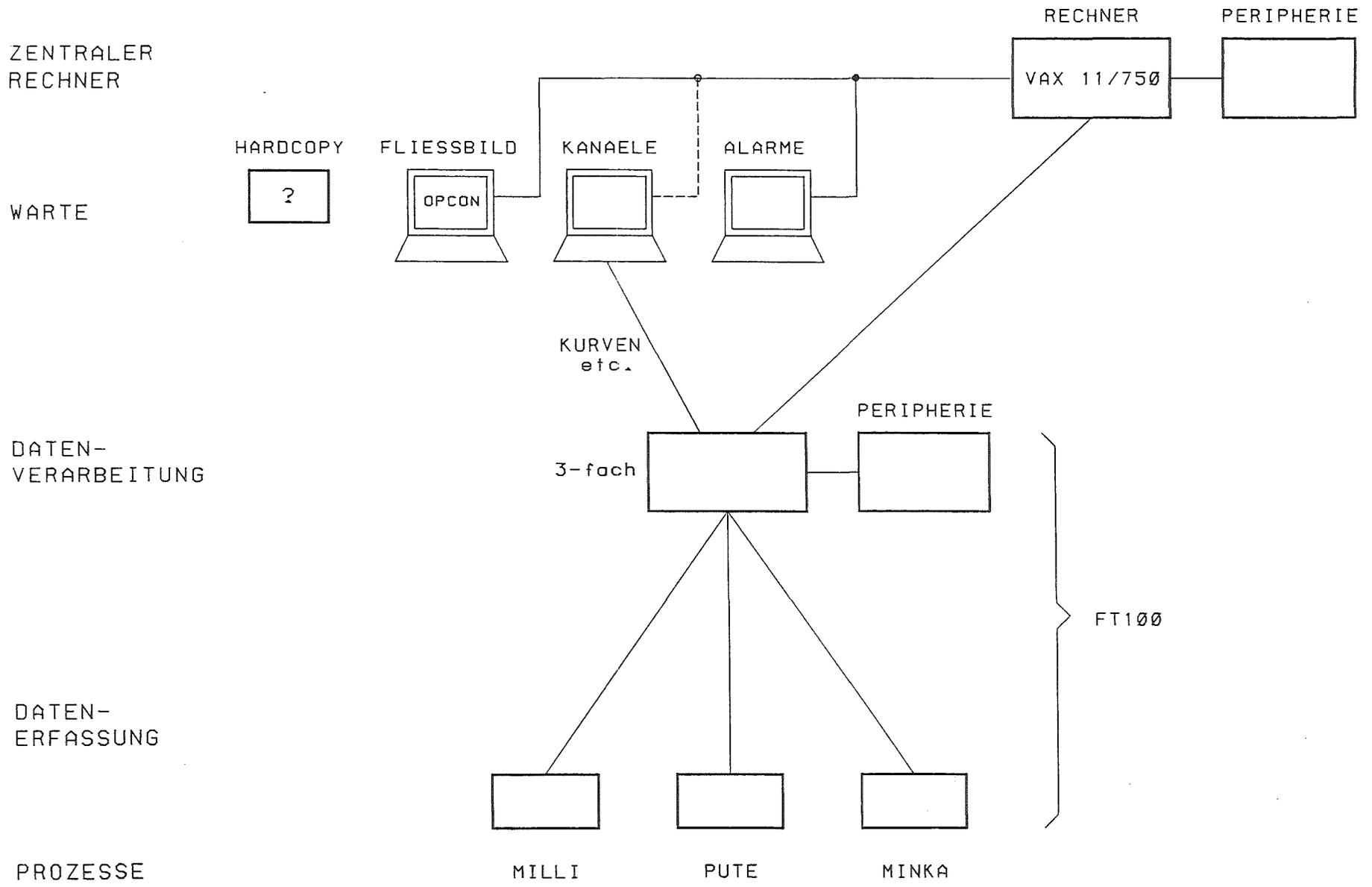
In der Preisgruppe 2 finden sich 2 Angebote, die in Details noch genauer Klärung bedürfen, aber nach der Grobsichtung ähnliche Leistungsmerkmale bieten, wobei Anbieter 3 eine längere Liste erkennbarer Nachteile aufweist.

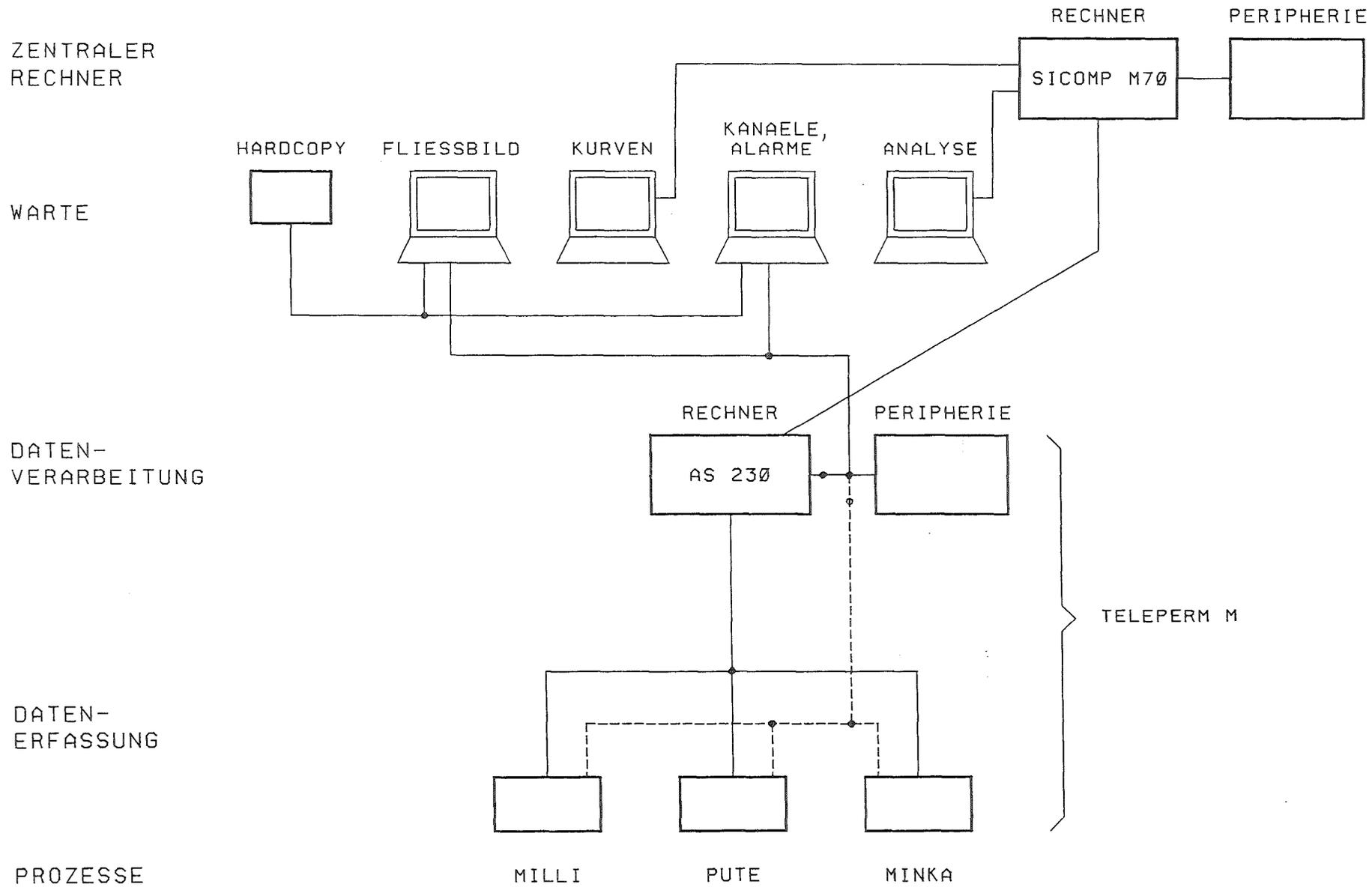
Das Angebot 5 in der Preisgruppe 3 läßt besonders im Bereich der Software, d.h. bezüglich der Auswertung und Darstellung der Meßdaten zu viele Fragen offen, als daß ein volles Leistungsbild erkennbar wäre. Eine Bewertung dieses Angebotes kann deshalb zumindest im Vergleich mit den vier übrigen Angeboten nicht vorgenommen werden.

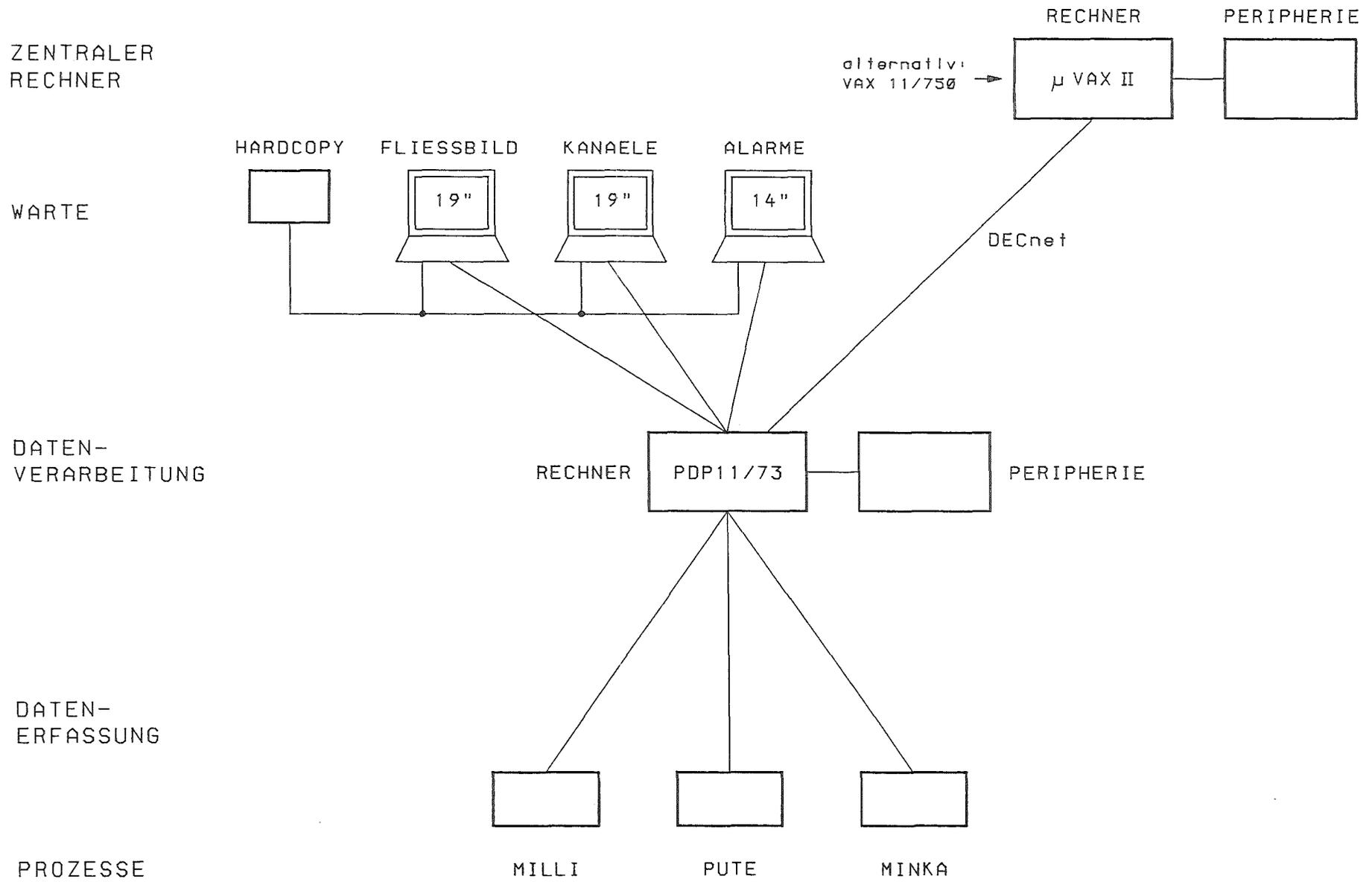
Anhang zur
Auswertung der Ausschreibung

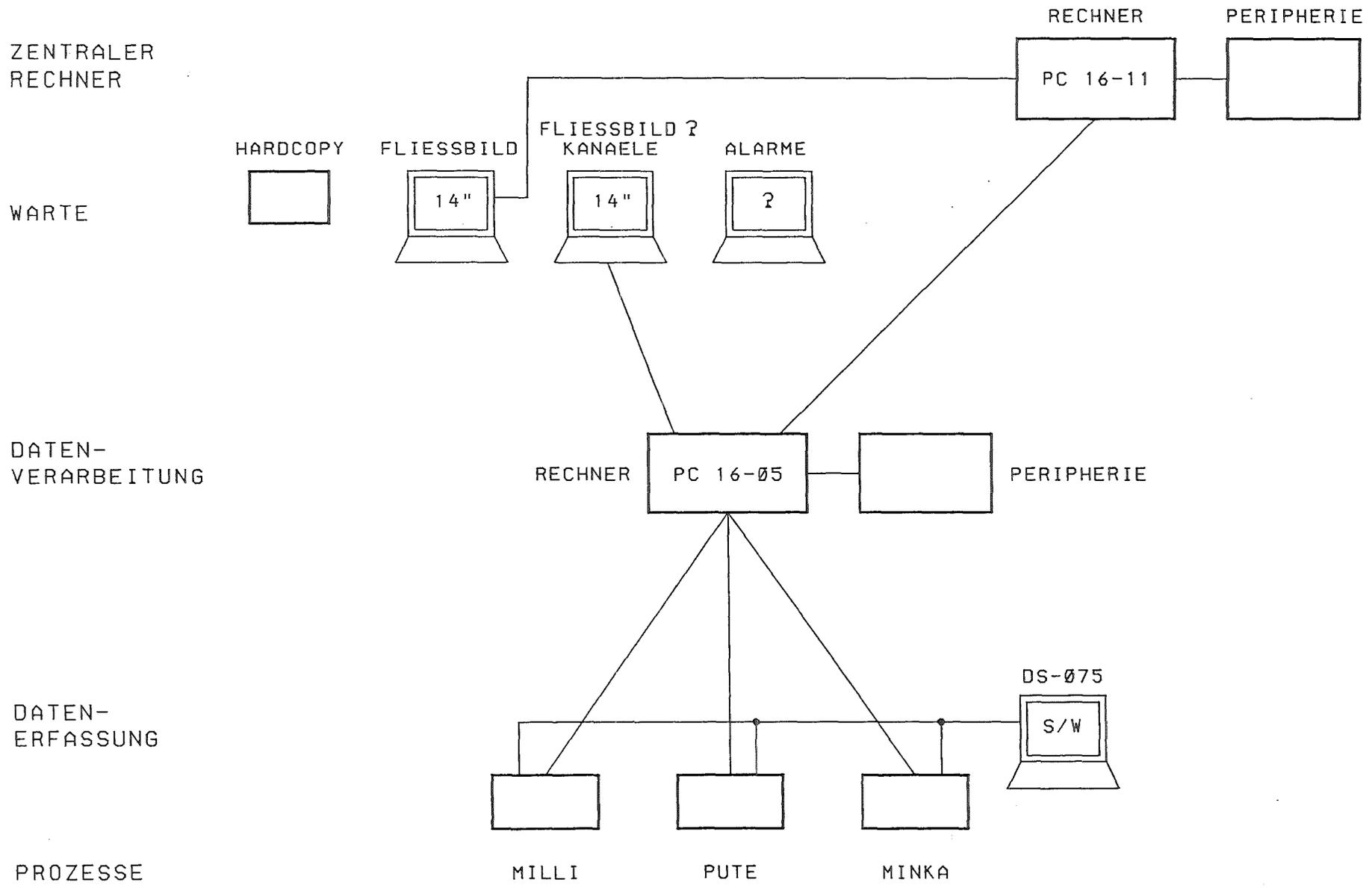
- A) - Systemübersichten
- B) - Systempreise, bezogen auf Systemübersicht und die darin enthaltenen Kostenpunkte
- C) - In Systempreis enthaltene Peripherie für
 - . Zentraler Rechner
 - . Frontend-Rechner (Datenverarbeitung)
- D) - Nicht im Systempreis enthalten
 - . zusätzliche Kosten
 - . Kosten für Redundanz
 - . Kosten für Optionen
- E) - Beurteilung
 - . besondere Vorteile
 - . erkennbare Nachteile
- F) - Auswahl der Anforderungen mit höchster Wichtigung (4 und 5), die nicht für alle Anbieter gleiche Leistungsmerkmale erbrachten.











bezogen auf Systemübersicht: Systempreis
(in TDM)

	Anbieter				
	1	2	3	4	5
System ohne: - Zentralrechner - zusätzl. Kosten	1.930 (µVAX II)			980 (µVAX II)	
System mit: - Zentralrechner ohne: - zusätzl. Kosten		2.230 (VAX11/750)	1.210 (SICOMP M70)	1.280 (VAX11/750)	
System mit PC's					>300

Kostenpunkte im Systempreis eingeschlossen:	Anbieter				
	1	2	3	4	5
- Dokumentation (1 Satz)	v	v	v	v	v
- Projektmanagement	v	v	v	v	?
- Tests	v	v	v	?	?
- Training	v	(v)	(v)	v	?
- Installation	v	-	o	?	v
- Interface-Protokolle für					
. SPS (Siemens)	v	v	v	v	v
. Waagen (Sartorius)	v	v	v	v	v
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung	v	v	-	v	-

Zeichen:

- v vorhanden
- (v) eingeschränkt vorhanden
- ? evtl. vorhanden (unklar)
- nicht vorhanden
- o keine Angaben

im Angebot: Peripherie
Zentralrechner

	Anbieter:				
	1	2	3	4	5
Arbeitsspeicher	4MB	2MB	2MB	2MB	0,5MB
Massenspeicher	1 RUA 81 (456MB) Winchester+Controller	1 RA 60 (205MB) Wechselplatte	1 Festplatte (66MB)	1 RT 52 (31 MB) (Winchester)	1 Floppy (720KB)
	1 RA 81 (456MB) Winchester	1 RA 80 (121MB) Winchester		1 RX 50 (0,8MB) Diskette	1 Winchester (40MB)
	1 TU 81 (140MB) Band	1 TU 80 (40MB) Band	1 Magnetband (45MB)	1 (80MB) Cache Streamer	
		1 TU 58 (262KB) Doppelkassette		1 RK 06/07 (168MB) Emulation Winchester	
Interface		1 DMF 32 (8 Ports)		1 DEUNA Ethernet-Controller	
		1 DHU 11 (16 Ports)		1 16-Port-MUX	
Bedienung		1 VT 220	1 Systemkonsole	1 VT 220	1 s/w-Display
Drucker		1 LA 100 Konsolendrucker	1 Konsolendrucker	1 LA 100	1 s/w-Drucker
		2 LA 210 Matrixdrucker (Protokolle)	2 Protokolldrucker		

	Anbieter:				
	1	2	3	4	5
Arbeitsspeicher	5MB	?	? Batterie- gepuffert	1MB	
Massenspeicher	2 RD53 (71MB) Disk-Drives	1 Kassettenrekorder	1 Diskette ?	1 8" Doppelfloppy	1 Floppy (360kB)
	1 TQK50 (95MB) Band-Kassette	1 Magnetblasenspeicher		1 Winchester (10MB)	1 Winchester (10MB)
Interface	1 serielles Komm.- board (8Ports)				
Bedienung	1 VT220 Video-Terminal		1 α-num. Keyboard (für Monitore)	1 Konsolterminal	1 s/w Display
Drucker	2 LA100 Matrixdrucker (Protokoll/Alarmer)		1 Protokolldrucker	2 Drucker/Plotter (s/w, Farbe)	

Anbieter: 1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> - Ethernet-Kabel - SW für <ul style="list-style-type: none"> . man. Eingabe der Analysedaten . Sonderfunktionen - Hardcopy - Modems + Kabel zwischen μVAX und OCM, falls μVAX nicht in Warte steht - zusätzl. Sätze Dokumentation 	<ul style="list-style-type: none"> - Hardcopy - Installation im KfK - Schulung (ausführlich) - Modems für OPCON-Anschluß (>100m) - zusätzl. Sätze Dokumentation - Oxford-Datenbus-Kabel - andere Kabel - SW für <ul style="list-style-type: none"> . man. Dateneingabe . Darstellung histor. Fließbilder . u.a. - Anschluß weiterer 8 Waagen 	<ul style="list-style-type: none"> - unterbrechungsfreie Stromversorgung - zusätzl. Sätze Dokumentation - zusätzliche Schulungskosten - evtl. Einsatz von OS 25X-Stationen an AS 23X - Zwischenspeicherung der Rohdaten 	<ul style="list-style-type: none"> - Inbetriebnahme - Test ? - Installation ? - zusätzl. Sätze Dokumentation - DECnet-Koaxkabel - Darstellung und Bearbeitung historischer Daten über VAX: Umsetzung der PDP11-SW auf VAX -> \geq 80 TDM 	<ul style="list-style-type: none"> - unterbrechungsfreie Stromversorgung - 19"-Displays - 2. Farbmonitor - Koppel-HW - Hardcopy - 2. Drucker für (Alarm)-Protokoll - Schulung - zusätzl. Sätze Dokumentation - Zwischenspeicher der Rohdaten - Software? (Leitsystem)

Anbieter:						
	1	2	3	4	5	
- Alarmpanel	18	- FT 1000 Station ?	- Kommunikation ?	- PDP11/73	237	
- CCM	90		- AS 230 ?	- Prozeßelement	3	
- Kommunikation	13		- Datenerfassung ?	(ohne Karten)		?
- RTU				- Kommunikation	?	
(ohne Karten)	46					

Anbieter:		1	TDM	2	3	4	5
- VAX 11/750	526	- Lichtgriffel	?	?	?	?	
+ Peripherie							
- Touch-Panel	15						
- Maus oder							
Rollkugel	?						
- s/w-Video-Term.							
für RTU-Anschluß	?						

Anbieter:

1

2

3

4

5

- System

- homogen im Konzept
- ausreichende Erweiterungsreserven
- erfüllt direkt nahezu alle Anforderungen
- Datenaustausch mit Analytik problemlos (Rechnerkopplung)

- FLIC-SW auf VAX11/750
- Rechnerkapazität frei für Analytik

- alle Komponenten vom Lieferanten
- erprobte, ausbaufähige Komponenten
- AS 230-Peripherie kann wahlweise an Erfassungskomponenten angeschlossen werden

- zentrale Rechner μ VAXII kann durch VAX11/750 ersetzt werden
- Datenerfassung durch PDP11/73 als autonomer Rechner mit eigener Peripherie und allen Wartenfunktionen.
- klimatisierte Schränke in Prozeßnähe
- Hard- u. Software von Anbieter selbst
- LIMS kann angekoppelt werden (DECLabor II auf μ VAXII)

- Siemens-HW

Anbieter:

1

2

3

4

5

Allgemein

- Referenz im DESY

- Lieferant in KfK-Nähe
- Deutsch in Texten und
Dokumentation

- Anbieter in KfK-Nähe

	Anbieter: 1	2	3	4	5
- System	<ul style="list-style-type: none"> - keine redundante Speicherung der Rohdaten - Englischkenntnisse erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - inhomogene Hard- und Software - statt Flexitrend 4000 (neuer u. besser) wird ältere Version angeboten (Flexitrend 1000) - inhomogene Darstellung und Bedienung über Komponenten verschiedener Hersteller - SW und Konfigurationsdaten auf unterschiedlichen Datenträgern - wichtige Teile der Anforderungen nicht kommentiert: <ul style="list-style-type: none"> . Sonderentwicklung ? . Preis ? - Englischkenntnisse erforderlich - Trendkurven nur nebeneinander (Meßwertauflösung !) - Fehlerdiagnose durch heterogene SW erschwert 	<ul style="list-style-type: none"> - Bedienung u. Darstellung aufgeteilt auf M70 (Zentralrechner) und AS230 (Frontend) (2 Recherebenen) - Anforderungen zu "Darstellung" werden nur teilweise erfüllt. OS25X-Station wird nicht angeboten, obwohl notwendig für Anforderungen. - Kaum Speicherkapazität für Rohdaten-Speicherung - hierarchische Datenbank - Ankopplung von LIMS auf DEC-Rechner erschwert. - Wichtige Teile des Lastenheftes nicht kommentiert. - Fließbildgenerierung über α-num. Tastatur - on-line Änderung der Konfiguration und Parameter nicht möglich - I/O-Spezifikationen nur teilweise erfüllt - SW-Zusatzentwicklungen erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Hilfe für Fehlerdiagnose - Darstellung und Auswertung erfüllen nur teilweise die Anforderungen - Viele Funktionen nur durch zusätzliche, noch nicht erprobte Software - Begrenzungen für Systemerweiterungen - Alarmerkennung u. -verarbeitung nicht optimal - Standard-SW nur in Englisch 	<ul style="list-style-type: none"> - nur HW beschrieben - SW-Anforderungen nicht kommentiert - Darstellung und Bedienung über verschiedene Rechner - HW-Anforderungen nicht komplett erfüllt - I/O-Spezifikationen nur teilweise erfüllt - keine Hardcopy (Farbe)

Anbieter:

	1	2	3	4	5
- Allgemein	- Standort Projektabwicklung (Dortmund?)	- Standort Wartung u. Ersatzteile (Holland?) - Rechnerwartung (u. Fehlerdiagnose) nicht durch Anbieter		- Standort bei Köln (evtl. Karlsruhe?)	

Auswahl der Anforderungen mit höchster Wichtung (4 und 5), die nicht für alle Anbieter gleiche Leistungsmerkmale erbrachten.

. Zeichen

- v vorhanden
- (v) eingeschränkt vorhanden
- ? evtl. vorhanden (unklar)
- nicht vorhanden
- o keine Angabe

W Wichtung (höchster Wert: 5)

	Anbieter					Wich-
	1	2	3	4	5	tung W
<u>Software</u>						
- Konfigurierung der Bedienstation:						
- vorkonfektionierte (Standard-) Bilder	v	o	(v)	v	o	5
- freikonstruierbare Bilder:						
Erweiterung des Symbolsatzes	v	o	-	v	o	5
- Archivierung						
Konfigurierungsdaten und Parameter als						
Dokument in Hardcopy	v	?	v	v	o	5
<u>Hardware</u>						
- Anschlußleisten mit Schraubanschlüssen	v	o	-	v	v	4
- Fehlerdiagnose: Fehlertendenzen erkennen						
durch Tests --> Meldungen						
--> Eigendiagnose	v	o	o	o	o	5
- Informationen über Fehlerart und fehler-						
hafte Komponente	v	o	?	o	o	5
- Ersatzteile schnellstmöglich bereitstellen						
(Kampagne)	(v)	o	v	?	?	5
<u>Bussystem</u>						
Erweiterbarkeit	v	o	v	(v)	o	5
<u>Datenerfassung</u>						
- Selbstüberwachung des Diagnosesystems	v	o	-	o	o	5
- Störungsbehebung bei laufendem Betrieb	v	o	o	o	o	5
- automatischer Restart der betroffenen	v	o	o	o	o	5
Komponente						
- Zwischenspeicherung der Rohdaten auf Mas-						
senspeicher bei Ausfall des Zentralrech-						
ners	?	v	(v)	v	(v)	5

	Anbieter					Wich-
	1	2	3	4	5	tung W
- von Warte bzw. Zentralrechner aus:						
- on-line-Änderung der Systemparameter	v	v	-	v	v	5
- Konfigurierung der Programme	v	v	-	(v)	v	4
- on-line-Laden geänderter Programme in Komponentenebene	v	(v)	-	o	o	4
- Selbstüberwachung:						
- Speichertests	v	o	o	o	o	5
- Prozeßschnittstelle: Kurzschluß oder Leitungsunterbrechung	v	?	v	o	o	4
- Ereignisüberwachung über "change of State"-Meldungen	v	o	?	v	o	5
- Linearisierung über Stützpunkttabel- len (≥ 50) mit je ≥ 10 Stützpunkten	o	v	o	o	o	5
- Mittelwertbildung, auch gleitend	o	(v)	o	o	(v)	5
- Anschluß zum Prozeß:						
- problemlose Erweiterung/Änderung der Kanalanschlüsse	v	v	?	?	v	5
- Selbstkonfigurierung der Interface- Karten (Kennung)	v	v	o	-	o	4
- Kartenwechsel unter Spannung on-line	v	o	v	o	o	5
- Analogeingänge						
- Auflösung ≥ 12 Bit	v	o	-	v	v	5
- Frequenz (< 20 kHz)	v	o	v	o	?	4
- Binäreingänge: . TTL-Pegel	v	o	-	-	-	5
. Interrupt	o	o	v	o	v	5
- Analogausgänge						
- Auflösung ≥ 12 Bit	v	o	-	v	-	5
- 0...10V und 4...20mA	v	v	v	v	-	5
- Ein-/Ausgänge galvanisch entkoppelt	v	(v)	(v)	v	(v)	5
- Batteriepufferung	v	v	o	v	-	5

	Anbieter					Wich-
	1	2	3	4	5	W
<u>Konsole</u>						
- Zentrale Bedienung des Systems	v	v	(v)	v	?	5
- Einheitlichkeit der Darstellung, Bedienung und Kennzeichnung	v	v	(v)	v	o	4
- Hardcopy: Zwischenspeicherung des Bildes	v	?	v	v	o	5
- Alarme: . Meldungen über Baumstruktur schnell auffindbar	v	(v)	o	v	o	5
. Druckerprotokolle (auch der Quittierung)	v	(v)	v	(v)	o	5
- Deutsche Sprache für Anzeige und Bedienung	?	?	v	v	?	4
- Manuelle Eingabe von Meßwerten mit Plausibilitätsprüfung und zeitrichtiger Zuordnung	v	v	o	v	?	5
	o	o	o	v	o	4
	v	o	o	v	o	5
- Manuelle Eingabe von Probandaten mit Ergänzung durch Konzentrationswerte und zeitrichtiger Zuordnung	o	?	?	v	?	5
	o	o	o	?	o	5
	v	o	o	?	o	5
- Darstellungsformen						
- Gruppenübersicht:						
Standardbild mit Farbumschlag (Alarme)	v	o	?	o	o	5
- Gruppenbild:						
. Standardbild	(v)	o	?	(v)	o	5
. Darstellung mit Bedienung:						
- Meßkreis	v	o	o	v	o	5
- Binärfunktion(en)	v	o	o	v	o	5
- Kreisbild:						
. Standardbild						
. Darstellung mit Bedienung:						
- Meßkreis	v	o	v	(v)	o	5
- Binärfunktion(en)	v	o	?	o	o	5
- Trend	v	o	o	o	o	4
- Parameter	v	o	?	o	o	4

	Anbieter					Wich- tung W
	1	2	3	4	5	
- Zeitdiagramme (Trends):						
. Zeitachse: ≥ 100 Werte	v	?	o	v	o	4
. Meßwert-Achse:						
- 100%-Wert $\hat{=}$ ≤ 200 Bildpunkte	o	-	o	v	o	4
- je Kurve volle Nutzung der Auflösung	v	?	o	v	o	5
. auch historische Zeitausschnitte	v	(v)	v	v	o	5
. on-line Konfiguration	v	o	v	?	o	5
- farbige Hardcopy	v	v	v	v	-	5
- Meldungen						
. in Fließbild bzw. Gruppen-/Kreisbild (Farbumschlag)	v	o	o	(v)	o	5
. Tabelle alle noch anstehenden Meldungen	v	o	o	v	o	5
- Bedienung						
. Lichtgriffel oder Touchpanel	v	v	-	-	o	4
. Funktionstasten	v	v	v	(v)	o	5
. Tablett oder Maus (Grafikgenerierung)	v	-	-	-	o	5
- Massenspeicher für mehrere Bilder	o	-	?	v	?	4
- Leistung/Kapazität						
- 2 hochauflösende Bildschirme:						
. 19"	v	v	?	v	-	4
. 500 x 500 Pixel	v	(v)	o	(v)	v	5
- Fließbilder						
. Farbwechsel von Symbolen, Verbindungs- linien	o	(v)	v	(v)	o	5
. historischer Anlagenzustand	v	?	(v)	v	o	5
für wahlfreie Zeitpunkte und	v	?	(v)	v	o	5
schrittweise Fortsetzung der Bildfolge durch Statusänderung	o	o	?	v	o	5
- Zeitdiagramme						
. Überlagerung von 4 bis 6 Kurven	4	(6)	(6)	8	(10)	5
. frei wählbar	v	(v)	v	v	o	5
. analoge und binäre Kanäle gemeinsam	v	?	o	(v)	o	5
- Schulung an Demonstrationssystem	v	?	v	v	-	5

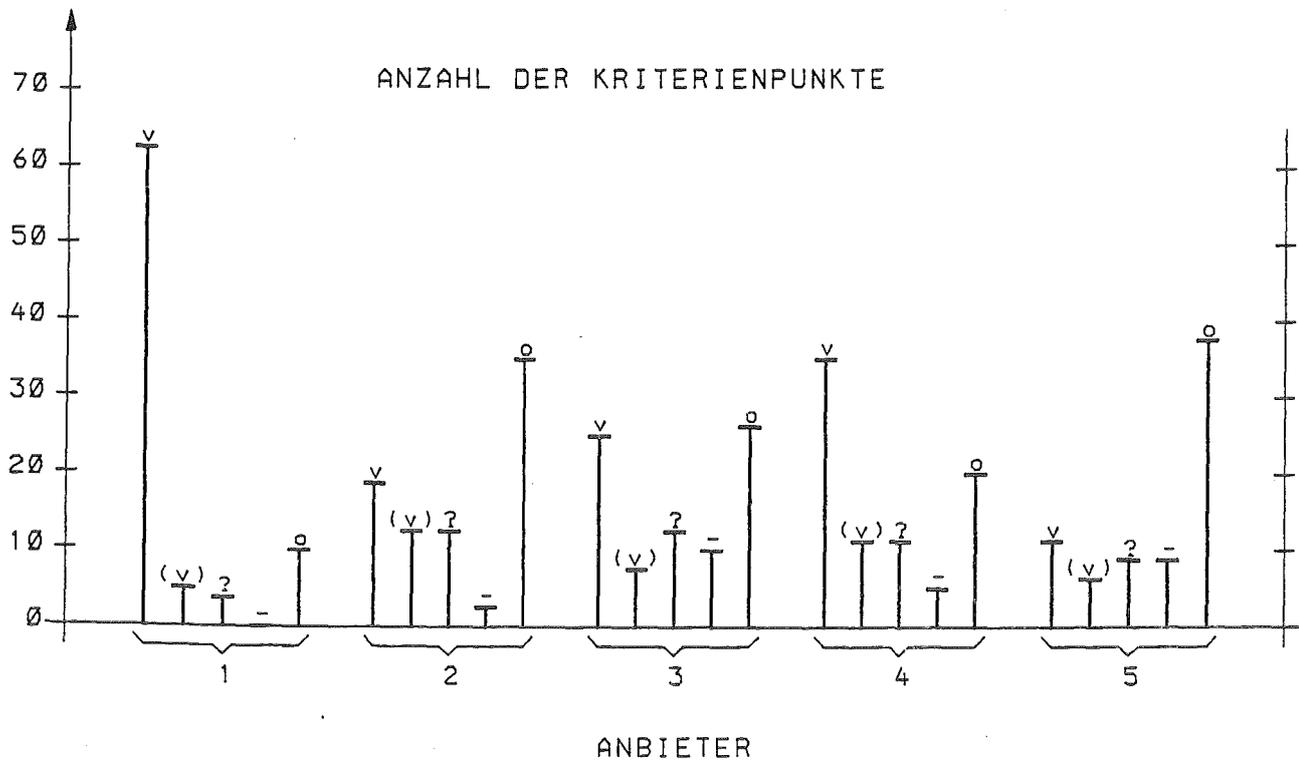
	Anbieter					Wich-
	1	2	3	4	5	tung W
<u>Zentraler Rechner</u>						
- DEC-Produkt	v	v	-	v	-	3
- zeitlich richtiges Einordnen der bei Rechnerstörung zwischengespeicherten Rohdaten	o	v	?	v	o	5
. Funktionen:						
. mathematische Algorithmen	v	v	v	?	o	4
. Bildung von Berechnungsvariablen	v	v	v	(v)	v	5
<u>Allgemein</u>						
- Bedienungshandbuch (Konsole) in deutsch	(v)	(v)	v	v	v	5
- Standort des Systemlieferanten in Betreibernähe (Techn. Büro, Zweigniederlassung): Projektabwicklung	?	v	v	?	v	4
- in Betreibernähe:						
. Wartungspersonal	(v)	(v)	v	?	?	5
. ausreichend Ersatzteile	(v)	?	v	o	v	5
. kurze Nachliefer-/Reparaturzeiten	v	?	v	?	v	5
- verschiedene Wartungsvertragsarten	v	v	?	?	(v)	5
- Referenzen (im Forschungsbereich)	v	(v)	(v)	?	-	5
- Weiterentwicklung:						
. Kompatibilität	v	o	o	o	(v)	5
. modulare Ausbaubarkeit	v	o	o	o	(v)	5
. 10 Jahre Ersatzteilbevorratung	v	o	o	o	?	5

Zahlenspiegel

der Leistungsmerkmale aus der vorstehenden Auflistung:

Anzahl der Kriterienpunkte
normiert auf Wichtung 5

Leistungsmerkmale		Anbieter				
		1	2	3	4	5
vorhanden	v	63	19	25	36	11
eingeschränkt vorhanden	(v)	5	12	8	11	6
evtl. vorhanden (unklar)	?	3	12	12	11	8
nicht vorhanden	-	-	3	10	4	8
keine Angabe	o	10	36	26	20	48



Literatur:

- 1 Borchering, K.
Unveröffentlicher Bericht (1984)
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
- 2 Ochsenfeld, W.
Die MILLI - ein Instrument zur Optimierung des
PUREX-Prozesses
KfK-Nachr. 1-2/81 - 64...67
- 3 Koch, G.; Ochsenfeld, W.; Schmieder, H.
Einige grundsätzliche Überlegungen zum Extraktionsfließ-
schema einer großen Wiederaufarbeitungsanlage
KfK-Nachr. 4/74 - 17...22
- 4 Galla, U.; Leuchtmann, D.
PUTE - Plutoniumtestanlage
KfK-Nachr. 3/82 - 130...136
- 5 Römer, J.; Groll, P.
Kontinuierliche -Messung in den Prozeßlösungen einer
Wiederaufarbeitungsanlage
KfK-Nachr. 3/82 - 184...187
- 6 Petrich, G.
Modellbildung und Prozeßsignalanalyse
KfK-Nachr. 4/74 - 9...11
- 7 Petrich, G.; Berliner, A.
Simulation der stufenweisen Mehrkomponenten-Extraktion
des PUREX-Prozesses
KfK-Nachr. 3/79 - 64...66