

# Optimierung der Auslegung und des Betriebs von Analysezentren durch Simulation

Bernd Eichenauer, IBE, Glonn

Dieter Markowetz, SYSTEMANALYTIK, Bensheim

## 1. Einführung

Bei der Auslegung und dem Betrieb von Analysezentren steht man vor der Aufgabe, aus der Vielzahl der möglichen Geräte und Betriebsarten diejenigen auszuwählen, bei denen die Kosten pro Analyse bei angemessenen Antwortzeiten und bei organisatorischer Machbarkeit möglichst gering sind. In der Regel können bis heute keine befriedigenden objektiven Aussagen darüber gemacht werden, ob ein Analysezentrum optimal konfiguriert ist und ob die vorgesehene bzw. ausgeübte Betriebsart die verfügbaren Betriebsmittel (insb. die Analysesysteme) kostenoptimal nutzt.

Der vorliegenden Bericht beschreibt das Grundmodell eines Analysezenters mit bis zu vier Analysesystemen. Das Modell wurde unter Verwendung des Simulationssystems PACE [1] entwickelt und ermöglicht in der derzeitigen Ausbaustufe die Simulation von zwei unterschiedlichen Betriebsarten des Zentrums.

An einem einfachen Beispiel wird gezeigt, wie aus dem Simulationsmodell sehr schnell quantitative Aussagen über die Kosten pro Analyse abgeleitet werden können.

## 2. Das Modell

Um das Modell und die Ergebnisse durchsichtig gestalten zu können, wurde für diesen Bericht angenommen,

- daß nur ein Probentyp im Zentrum bearbeitet wird und
- daß die Analysesysteme stündlich beschickt werden.

Für die Erstellung des Simulationsmodells wurden erweiterte Petri-Netze mit Zeitmodellierung verwendet. Die Netz-Spezifikation wurde dabei graphisch-interaktiv mit PACE erstellt. Programmcode (Transitionscode) wurde in Smalltalk-80 geschrieben.

Abb.1 zeigt einen Überblick über den Hauptmodul des Modells. Er zeigt oben die Ankunft der Proben, ihre Annahme und ihre Weiterleitung. Die ankommenden Proben werden je nach Betriebsart in unterschiedlicher Weise weitergeleitet.

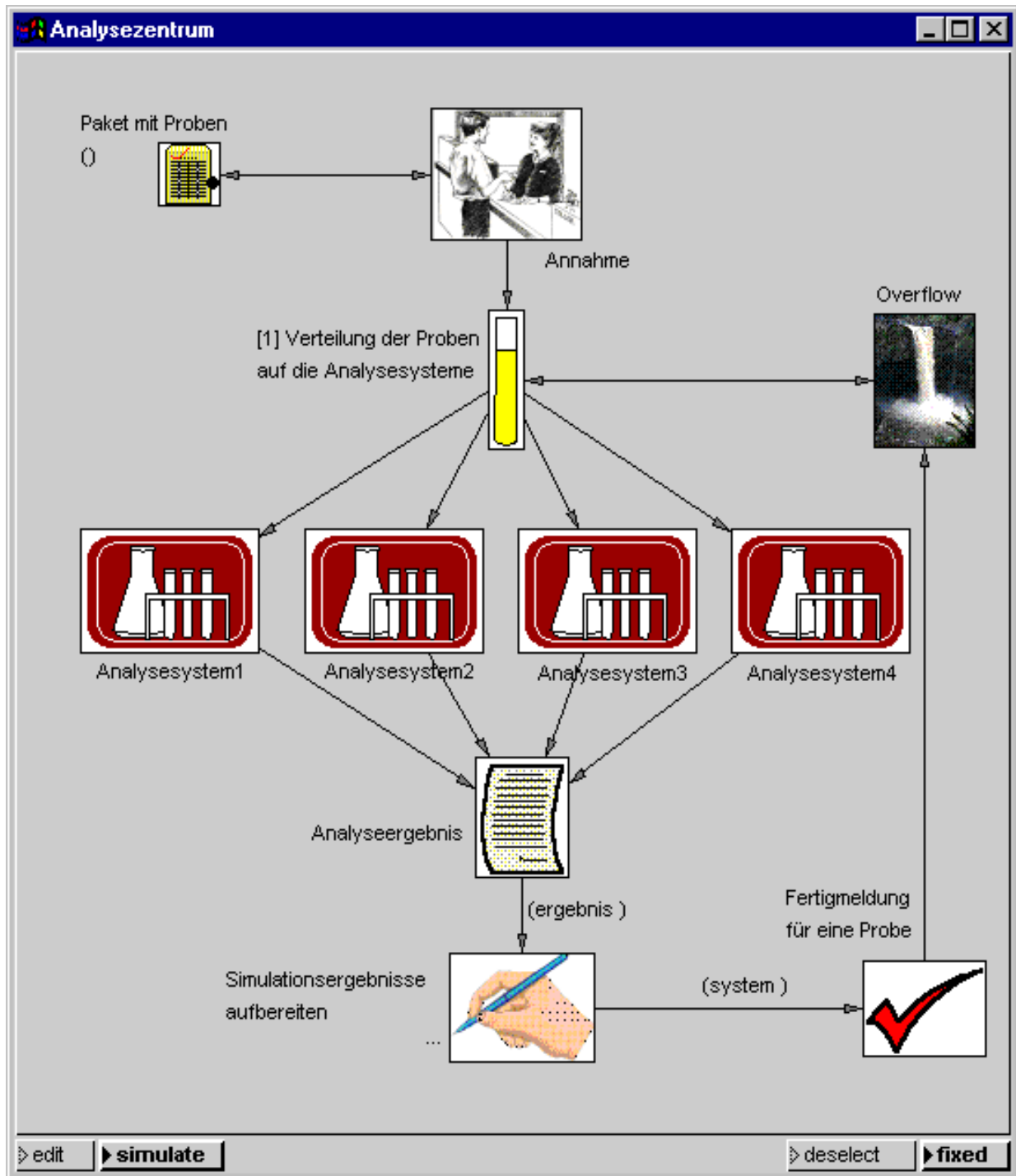


Abb. 1: Hauptmodul des Modells

Betriebsart 1: Die Proben werden der Reihe nach in die Warteschlangen der Analysesysteme eingesetzt bis diese voll sind. Reichen die Warteschlangen nicht aus, so wird der Rest im Überlauf gespeichert.

Betriebsart 2: Die Proben werden in das Analysesystem 1 eingesetzt bis die Warteschlange des Systems voll ist. Bei jeder weiteren Probe wird untersucht, ob sie bis zum nächsten Stundentakt durch System 1 ab-

gearbeitet werden könnte. Ist dies der Fall, so wird sie im Überlauf zwischengespeichert. Andernfalls wird die Probe in das Analysesystem 2 gebracht, sofern dessen Warteschlange noch nicht voll ist. So wird fortgefahren, bis alle Proben entweder in einem Analysesystem oder im Überlauf gelandet sind.

Ist eine Probe analysiert, so werden die Daten der Probe für die spätere Auswertung gespeichert und es wird eine Fertigmeldung an die Verwaltung des Überlaufs gegeben, um ggf. das Nachfüllen des freigewordenen Warteschlangenplatzes zu veranlassen.

Auch hier wird je nach Betriebsart unterschiedlich verfahren. Ein frei gewordener Warteschlangenplatz wird bei Betriebsart 1 in jedem Fall ersetzt, solange noch Proben im Überlauf vorliegen. Bei Betriebsart 2 erfolgt dies nur, wenn für das jeweilige Analysesystem noch weitere Proben vorgesehen sind.

Bei der Auswahl der Betriebsart ist zu beachten, daß diese machbar und kausal sein muß. Machbar heißt, daß sie im Tagesbetrieb von normal qualifiziertem Bedienpersonal ausführbar sein muß. Unter kausaler Optimierung verstehen wir, daß die Entscheidungen über die Verwendung der verfügbaren Analysesysteme zu einem bestimmten Zeitpunkt nur aufgrund schon bekannter Daten über das Probenaufkommen in der Vergangenheit gefällt werden kann. Denkbare allgemeine Optimierungsmodelle, welche die tägliche Kostenoptimierung aufgrund von Daten über das gesamte Probenaufkommen eines Tages berechnen, sind nicht ohne weiteres anwendbar.

In Abb. 2 ist der Aufbau eines Analysesystem dargestellt. Alle vier Systeme sind gleich aufgebaut, können aber unterschiedlich parametrisiert sein. Man erkennt die Warteschlange, das Überführen in das eigentliche Analysegerät und die Ausgabe des Ergebnisses.

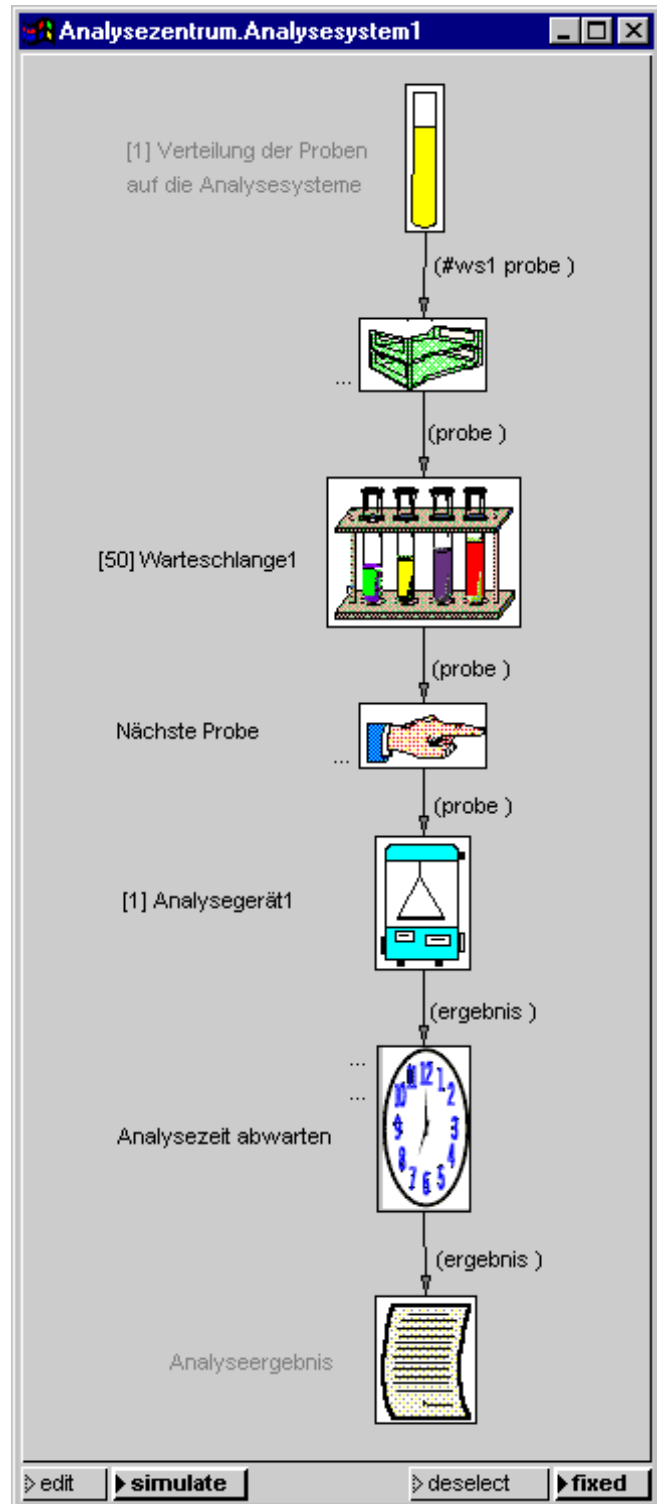
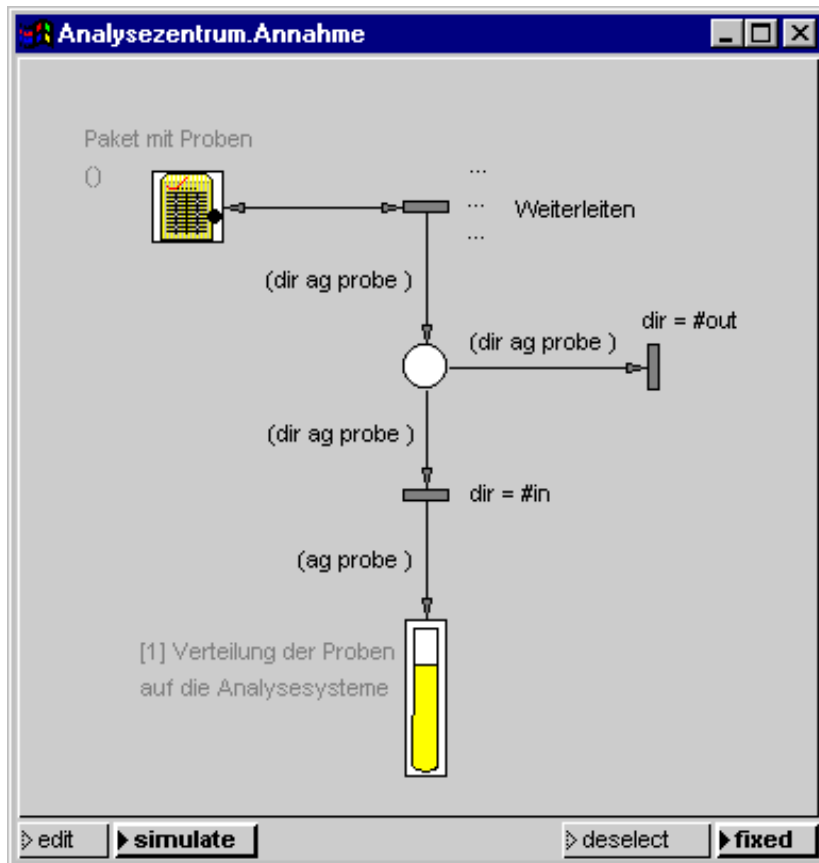


Abb. 2: Analysesystem 1



Als Beispiel für einen weiteren Untermodul ist in Abb. 3 die Modellierung der Probenannahme dargestellt. Die Abbildung wurde, da sie für die Anwendung des Systems normalerweise nicht benötigt wird, nicht ikonisiert und benutzt die Standardsymbole für Petri-Netze. Man erkennt sehr schön die Schnittstellen zu dem in Abb. 1 dargestellten Hauptmodul. Die drei durch jeweils drei Punkte dargestellten Kürzel neben dem oberen Rechteck (Transition) lassen erkennen, daß dieser Transition mehrere Smalltalk-Code-Sequenzen zugeordnet wurden.

Abb. 3: Modellierung der Probenannahme

### 3. Anwendung des Modells.

Wir wenden das Modell auf ein Analysezentrum mit den folgenden vier Analysesystemen an:

	max. Analysen pro Stunde	max. Länge der Warteschlange	Kosten für eine Analyse	Grundkosten pro Tag
Analysesystem 1	400	50	3	1.000
Analysesystem 2	50	10	0,5	300
Analysesystem 3	500	50	7	800
Analysesystem 4	50	10	2	300
Einheit	Stück	Stück	DM	DM

Außerdem verwenden wir die folgende empirisch gemessene Verteilungsfunktion für den Probeneingang:

Stunde	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Anzahl Proben	170	470	600	570	300	650	190	60

### 3.1 Betriebsart 1

Zunächst simulieren wir das Analysezentrum in Betriebsart 1 mit jeweils 3 und 4 Analysesystemen.

Für 4 Systeme erhalten wir die in den Abbildungen 5.1 bis 5.4 dargestellten Liniendiagramme. In ihnen ist jeweils als Abszisse die Zeit in Minuten und jeweils als Ordinate die Belegung der Warteschlangen für die vier verschiedenen Analysesysteme dargestellt. Man erkennt, daß diese Betriebsart zu einer schlechten Auslastung der Analysesysteme führt, weil das Zentrum für die anfallende stündliche Workload überdimensioniert ist. Weitere Simulationsergebnisse können Abb. 4 entnommen werden.

Ergebnisse des Simulationslaufs	
-----	
Verteilung:	170 470 600 570 300 650 190 60
Durchgeführte Analysen in System 1:	1261
Durchgeführte Analysen in System 2:	147
Durchgeführte Analysen in System 3:	1422
Durchgeführte Analysen in System 4:	180
Kosten pro Analyse für Analysesystem 1:	3.79 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 2:	2.54 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 3:	7.56 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 4:	3.67 DM
Durchschnittliche Kosten einer Analyse:	5.51 DM
Maximale Verweilzeit einer Probe im Analysesystem:	54.0 min

Abb. 4: Ergebnisse für Betriebsart 1 bei 4 Systemen

### Auslastung von 4 Analysesystemen nach Betriebsart 1

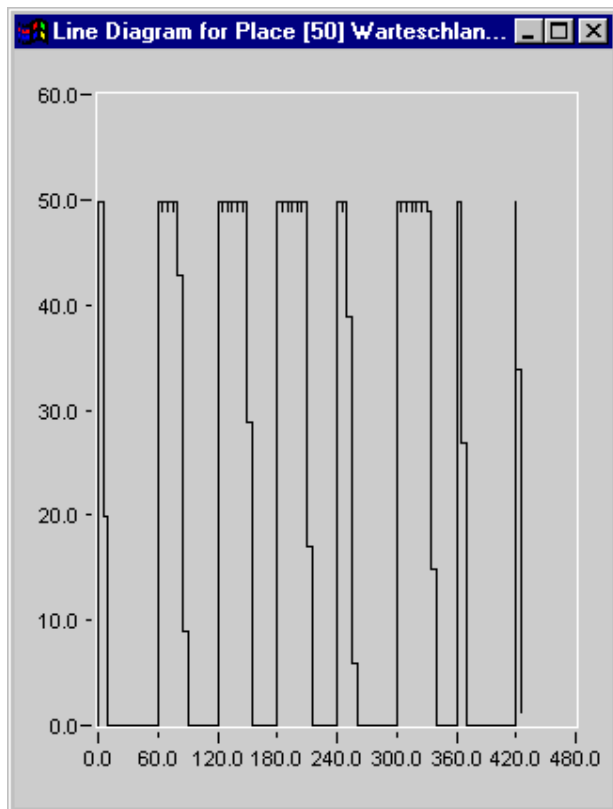


Abb. 5.1: Warteschlange System 1

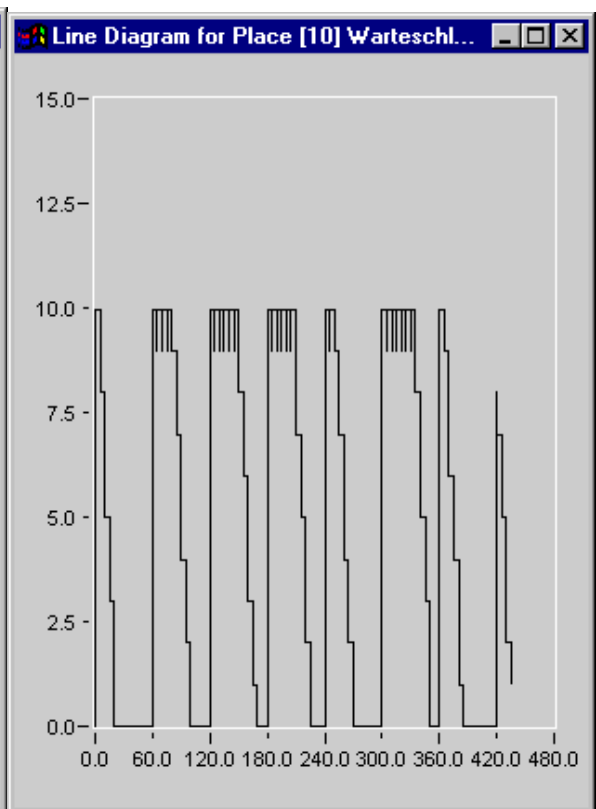


Abb. 5.2: Warteschlange System 2

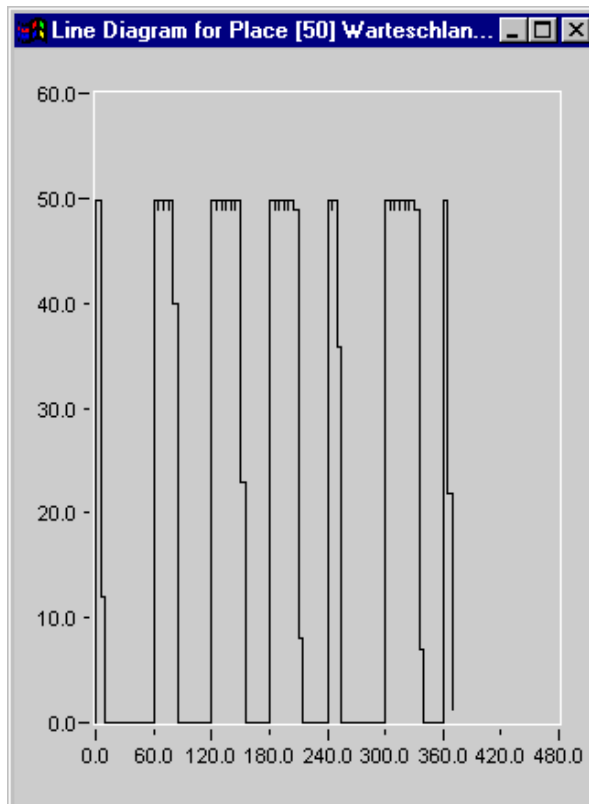


Abb. 5.3: Warteschlange System 3

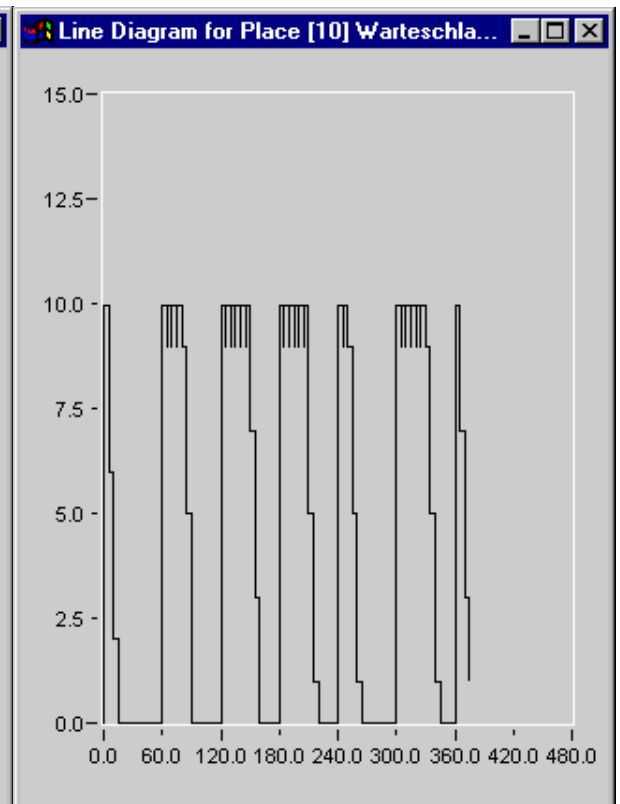


Abb. 5.4: Warteschlange System 4

Um eine bessere Auslastung der Analysesysteme zu erreichen, untersuchen wir noch, zu welchen Ergebnissen das Weglassen von Gerät 4 führt. Wir erhalten die in

Abb. 6 und Abb. 7.1 bis 7.3 dargestellten Ergebnisse. Sie zeigen, das einfaches Weglassen von Analysesystemen bei weiterhin wahllosem Auffüllen der verbleibenden Warteschlangen nicht notwendig zu einer Kostenreduzierung führen muß.

Ergebnisse des Simulationslaufs	
-----	
Verteilung:	170 470 600 570 300 650 190 60
Durchgeführte Analysen in System 1:	1338
Durchgeführte Analysen in System 2:	152
Durchgeführte Analysen in System 3:	1520
Durchgeführte Analysen in System 4:	0
Kosten pro Analyse für Analysesystem 1:	3.75 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 2:	2.47 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 3:	7.53 DM
Durchschnittliche Kosten einer Analyse:	5.69 DM
Maximale Verweilzeit einer Probe im Analysesystem:	56.0 min

Abb. 6: Ergebnisse für Betriebsart 1 bei 3 Systemen

## Auslastung von 3 Analysesystemen nach Betriebsart 1

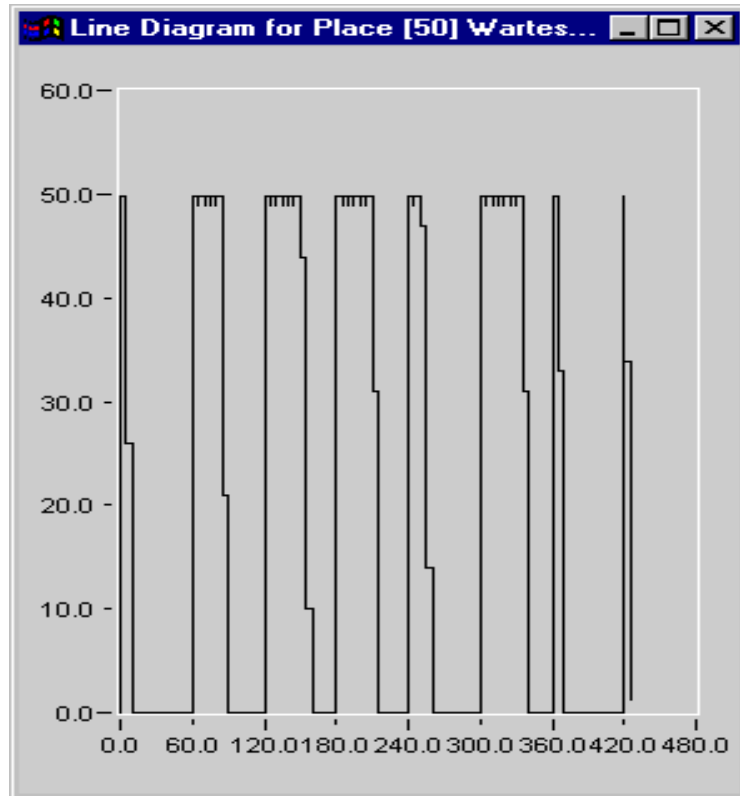


Abb. 7.1: Warteschlange System 1

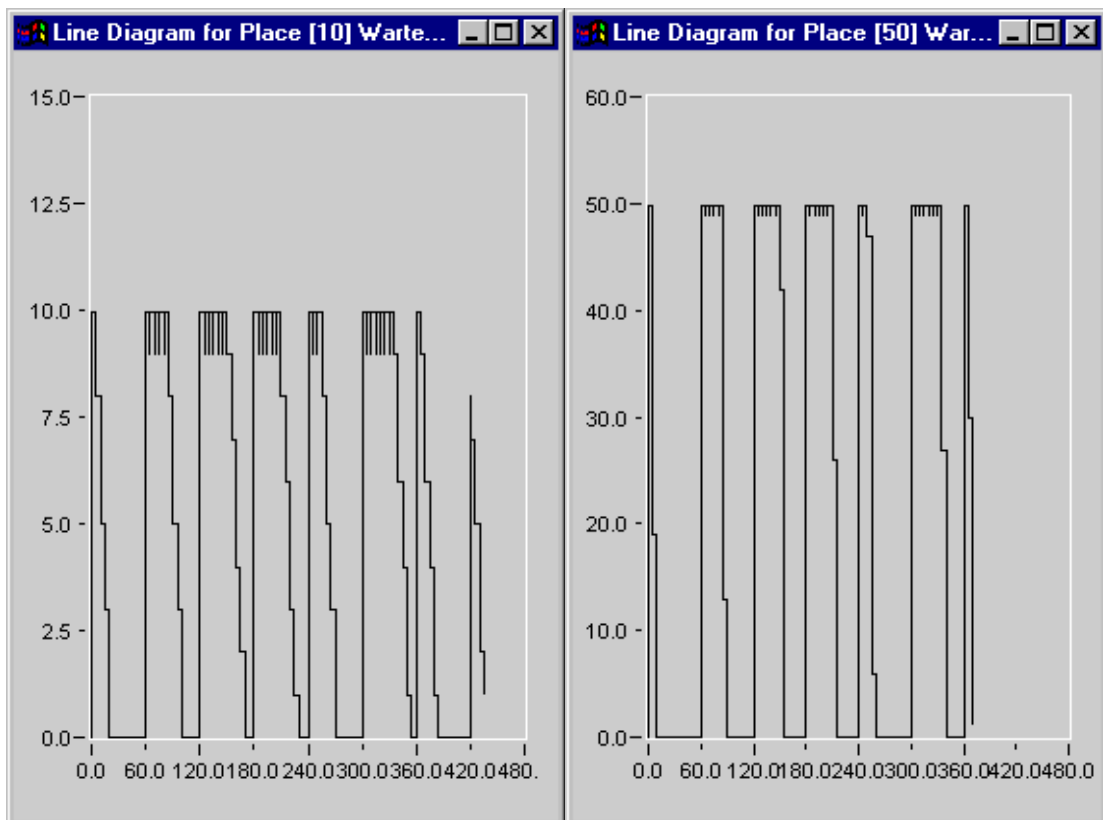


Abb. 7.2: Warteschlange System 2

Abb. 7.3: Warteschlange System 3



### 3.2 Betriebsart 2

In dieser Betriebsart brauchen wir die Anzahl von zu verwendenden Systemen nicht vorgeben; sie stellt sich von selbst ein. Wir stellen zunächst fest (Abb. 8), daß wir, wie erwartet, nur drei Analysesysteme brauchen und daß sich der Preis für eine Analyse gegenüber der wahllosen Verwendung von Analysesystemen erheblich reduziert hat. Bildlich gesprochen, reduzieren sich also die Kosten für eine Analyse erheblich, wenn man das Probenaufkommen so aufteilt, daß die Maschinen der Reihe nach optimal ausgelastet sind.

```
Ergebnisse des Simulationslaufs
-----
Verteilung:          170  470  600  570  300  650  190  60

Durchgeführte Analysen in System 1:      2319
Durchgeführte Analysen in System 2:       120
Durchgeführte Analysen in System 3:       571
Durchgeführte Analysen in System 4:         0

Kosten pro Analyse für Analysesystem 1:   3.43 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 2:   3.0 DM
Kosten pro Analyse für Analysesystem 3:   8.4 DM

Durchschnittliche Kosten einer Analyse:   4.46 DM

Maximale Verweilzeit einer Probe im Analysesystem:  60.0 min
```

Abb. 8: Ergebnisse für Betriebsart 2

Da die Grundkosten von 300 DM für das nicht mehr verwendete Analysesystem 4 weiterhin in die Kalkulation des Preises für die Analysen eingeht, kann eine weitere Reduzierung des Preises durch Ausmustern dieses Systems erreicht werden.

Das Gesamtbild bei Betriebsart 2 wird vervollständigt durch die drei Liniendiagramme der Warteschlangen, die in Abb. 9.1 bis 9.3 dargestellt sind. Man erkennt durch Vergleich mit den Abbildungen 7.1 bis 7.3 die wesentlich bessere Ausnutzung der ersten beiden Systeme. Trotz der Reduzierung auf drei Systeme besitzt System 3 noch erhebliche Reserven.

## Auslastung der Analysesysteme nach Betriebsart 2

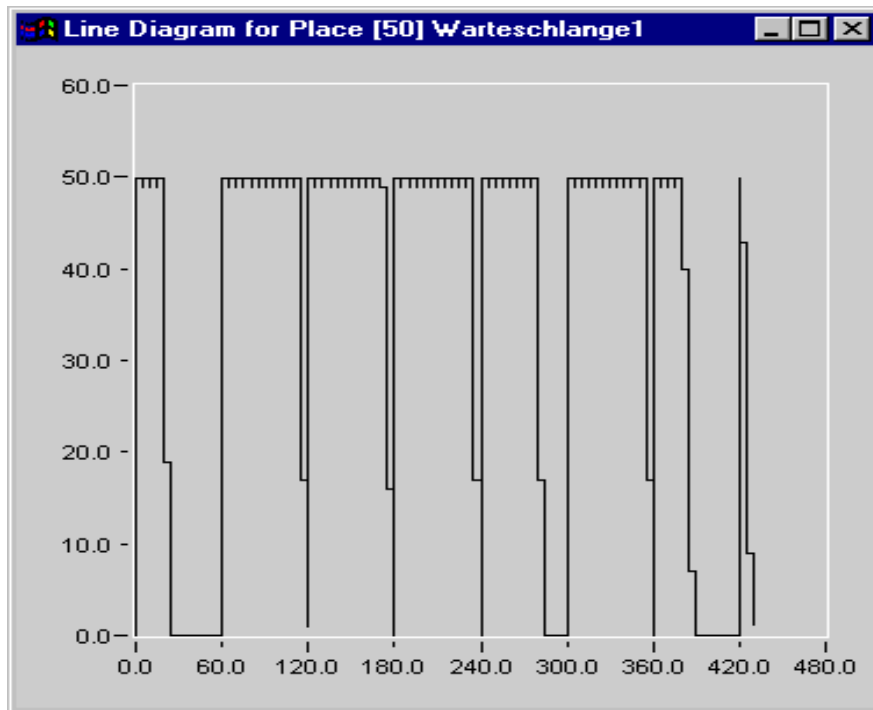


Abb. 9.1: Warteschlange System 1

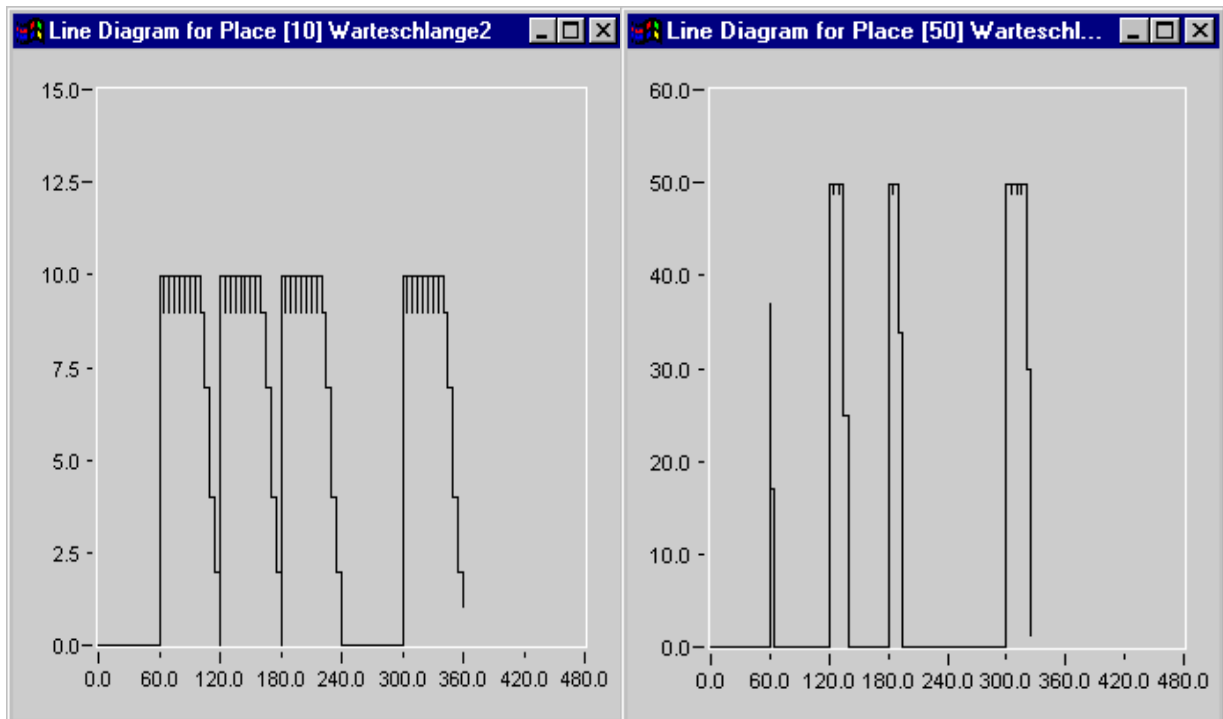


Abb. 9.2: Warteschlange System 2

Abb. 9.3: Warteschlange System 3

#### **4. Schluß**

Obwohl das vorangegangene Beispiel natürlich nicht repräsentativ ist, so zeigt es doch, daß sich die fundierte Neuplanung oder Erweiterung bestehender Analysezentren und die Auswahl der Betriebsarten von solchen Zentren empfindlich auf die Analysekosten auswirken kann. Nur bei ausreichender Planung darf man eine kostenoptimale Analyse von Proben erwarten.

Während sich das dargestellte Ergebnis mit einiger Mühe auch mit dem Taschenrechner erzielen läßt, ist dies bei der Gestaltung von Zentren mit mehreren Proben-typen und bei mehr kontinuierlicher Beschickung der Analysesysteme kaum mehr möglich. Hier empfiehlt sich der Einsatz moderner Simulationssysteme, die einerseits eine visuelle Umsetzung der physikalischen Realität in ein Programm ermöglichen, andererseits leicht an unterschiedliche Ausstattungen angepaßt werden können.

#### **Referenz:**

- [1] PACE, das graphisch-interaktive Animations-, Simulations-, Prototyping- und Ausführungs-System,  
IBE, Postfach 1142, D-85623 Glonn  
Tel. + Fax. -49-(0)8093-5000