

UNTERRICHT DER ALLGEMEINEN PRINZIPIEN DER KYBERNETIK IN DER CHEMISCHEN TECHNOLOGIE*

Von

Á. BÁLINT, F. TÁTRAI, J. BÁRKAI und L. PODMANICZKY

Lehrstuhl für Chemische Technologie, Technische Universität Budapest

Eingegangen am 21. August 1980

Vorgelegt von Prof. Dr. I. SZEBÉNYI

Die Chemische Technologie wird an der Chemieingenieur-Fakultät der Technischen Universität zu Budapest seit 130 Jahren unterrichtet. Für die Modernisierung und Entwicklung dieses Lehrfaches haben unsere Vorfahren viel getan. Auch in der Gegenwart wird bestrebt, das Lehrfach den gegenwärtigen Anforderungen anzupassen [1, 2]. Chemieingenieure werden an der T.U. Budapest in zwei Stufen ausgebildet. In der ersten Stufe erhalten nach 3jährigem Unterricht die Studenten ein sogenanntes Betriebsingenieurdiplom. Die zweite Stufe dauert weitere 2 Jahre, und endet mit einem Diplomingenieur-Titel.

Chemische Technologie wird in beiden Stufen unterrichtet, Computer werden im Unterricht in beiden Stufen benützt. In der ersten Stufe werden hauptsächlich Ergebnisse der Untersuchungen im Laboratorium mit Hilfe des Computers bearbeitet. Hierzu gebraucht man Programme aus der Programm-bibliothek, die Studenten müssen nur die Bedienung des Computers und die Aktivisierung der Programme lernen. In der zweiten Stufe werden die Computer im Unterricht mehrerer Lehrfächer gebraucht [3]. Hier hört man auch das Lehrfach »Kybernetik in der chemischen Technologie«, das sich ausgesprochen mit den theoretischen und praktischen Problemen der Anwendung des Computers in der Chemieingenieurpraxis beschäftigt.

Die Kybernetik in der Chemischen Technologie wird im achten Semester in zwei Stunden pro Woche gelesen. Die Vorlesungen werden im neunten Semester mit einem Praktikum — durchschnittlich 2 Stunden pro Woche — ergänzt.

Thematik der Vorlesungen:

Zum Beginn lehrt man die allgemeinen Prinzipien der Schaltung der einzelnen Verfahrenseinheiten, d. h. Aufbau der chemisch-technologischen Systeme. Unter dem Begriff »Chemisch-technologisches System« wird die Gesamtheit der Geräte verstanden, die miteinander durch technologische Ströme in Ver-

* Vortrag gehalten an der III. Konferenz der Lehrstühle für Chemische Technologie der sozialistischen Länder, am 14. April 1980, in Balatonfüred.

bindung stehen und als einheitliches Ganzes funktionieren. Im chemisch-technologischen System findet eine bestimmte Folge der chemisch-technologischen Umwandlungen statt. Die Elemente des chemisch-technologischen Systems werden als technologische Operatoren betrachtet, die die physikalischen Parameter der Eintritts-Stoffströme umwandeln. Diese Operatoren werden von den Grund- und Hilfsoperatoren, die auch von Kafarov [4] gebraucht werden, aufgebaut. Die üblichen Schaltungen, wie die Reihenschaltung, Parallelschaltung, By-pass, Rezirkulations- und Kreuzschaltung, so wie ihre Kombinationen, werden auch demonstriert.

Danach wird die Kodifizierung der Schaltungen der Systemelemente besprochen: die Prozeßmatrix, Adjazentienmatrix, Indexmatrix und die Inzidentienmatrix [5].

Im folgenden werden die Methoden der Identifikation der geschlossenen Untersysteme behandelt: die Potenzierung der Adjazentienmatrix, die Potenzierung der Indexmatrix [6], das direkte Ablaufen des Grafen.

Als nächstes Kapitel folgt die Aufstellung des technologischen Gleichungssystems der Stoffbilanzen. Die Bestimmung des Freiheitsgrades des Gleichungssystems und die Bestimmung der freien Variablen werden auch besprochen. In einem Sonderkapitel beschäftigen wir uns laut des Prinzips von Lidde [7] und Vela [8] mit der Lösung der Stoffbilanzen der Rezirkulationskreise. Ein charakteristischer Operator der chemisch-technologischen Systeme ist der Umwandlungsoperator der Komponenten, das im Kapitel der Stöchiometrie behandelt wird. Die Atom- und Reaktionsmatrix, die Bestimmung des unabhängigen Reaktionssystems werden auch behandelt.

In den Vorlesungen wird laut Komatsu [9] die Modellierung der technologischen Operatoren im Stationerzustand zusammengefaßt. Diese Methode enthält eine Matrixrepräsentation der Zusammenhänge der Eintritts- und Austrittsströme.

Ein wichtiges Kapitel beschäftigt sich mit den Problemen der Parameterschätzung der chemisch-technologischen Systeme. Dazu gehören die Methoden der Regressionsanalyse und die Versuchsplanung.

Die Vorlesungen enden mit den Prinzipien der Simulation und mit der Demonstrierung einiger Simulationsprogrammssysteme so wie SIMUL [10], PPDS [11].

Thematik des Praktikums

Das Praktikum dient zum Vertiefen der unterrichteten Kenntnisse. Bei der Vorbereitung der Thematik des Praktikums stützen wir uns auf die Vorschläge und Programmsammlung des Komitees »CACHE« (Computer Applications in Chemical Engineering Education). Diese Programmsammlung wird an den Universitäten und Hochschulen der Vereinigten Staaten seit dem Jahre 1970 angewandt.

Alle Gruppen bekommen als erste Aufgabe eine Parameterschätzungsaufgabe wie z. B. die Bestimmung der Konstanten der Antoine-Gleichung von Druck-Temperatur Daten mit Regressionsmethode; die Bestimmung der Konstanten von Enthalpien als Funktion der Temperatur. Bei dieser Aufgabe verwenden sie die Programme der Programmbibliothek, die nur ein wenig modifiziert werden müssen. Damit lernen sie auch die Behandlung des Computers. Nach dieser Aufgabe folgt im allgemeinen eine Stoffbilanzrechnung, wo die einzelnen Einheiten der Technologie durch Lineares Modell (mit Matrix-representation) bestimmt sind. Der nächste Schritt ist die Lösung der Gleichungen der Stoffbilanzen bei solchen Systemen, die auch Rezirkulationskreise enthalten. Zur Lösung der Aufgabe haben die Studenten verschiedene Iterationsverfahren zu verwenden, wie z. B. Direkt-Iteration, Wegstein-Methode usw.

Andere Gruppen haben die Probleme mit dem Identifikationsalgorithmus der Rezirkulationskreise zu lösen. Als letzte zwei Übungen bekommen die besseren Gruppen Aufgaben vom Gebiet der Modellierung, der Planung und der Optimierung. Bei den Aufgaben der Planung werden die Methoden, die die Studenten in dem Lehrfach »Chemische Verfahrenstechnik« gelernt haben, berücksichtigt.

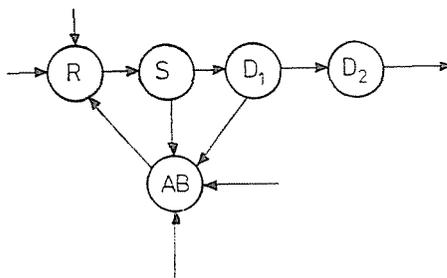
Die Gruppen bekommen bei jeder Gelegenheit verschiedene Aufgaben. Die Aufgaben werden laut des Schwierigkeitsgrades klassifiziert. Das Protokoll enthält die Beschreibung der Aufgabe, die Liste der Inputdaten, das Blockdiagramm und die Liste des Programms, die Outputdaten und die Auswertung der Ergebnisse.

Nicht nur die Thematik, sondern auch die Organisation des Praktikums waren neu. Die angewandten Computer sind zwei Rechenmaschinen vom Typ WANG 2200. Die Studenten können in interaktiver Arbeitsweise ihre Programme schreiben, verbessern und anwenden.

Die Übungen werden im sogenannten »offenen Laboratoriumssystem« organisiert. Während des Praktikums haben die Studenten 5mal in der Woche, von 8 bis 18 Uhr, Gelegenheit, an den WANG-Computern ihre Probleme zu lösen.

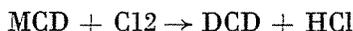
Ein Beispiel aus den Aufgaben

Die Aufgabe ist die Aufstellung der Stoffbilanz im stationären Zustand bei der Chlorierung von n-Dekan. Der Prozeß der Technologie ist der folgende:



wo: R — Reaktor,
 S — Gas-Flüssigkeit-Separator,
 D₁, D₂ — Destillationskolonnen,
 AB — Absorber.

Im Reaktor gehen die folgenden zwei konsekutiven Reaktionen vor sich:



Die Modelle der Verfahrenseinheiten sind als lineare Modelle betrachtet [10]. Die Aufgabe ist die Berechnung der Stoffbilanz im stationären Zustand laut des Prozeßgraphen, der quantitativen Angaben und der Modelle der Verfahrenseinheiten. Dazu müssen die Studenten zuerst die Adjazentienmatrix der Technologie, dann die maximale Rezirkulationskreise bestimmen [6]. Die Stoffbilanzgleichungen der Rezirkulationskreise werden simultan, die Bilanzgleichungen der Reihen-prozeßanteile sequentiell gelöst. Die Stoffbilanz der Technologie wird bei gegebenen Inputströmen bestimmt. Diese Aufgabe ist auch in didaktischer Hinsicht sehr nützlich.

Die Wirkung auf die inneren Ströme der Rezirkulation ist gut bemerkbar. Die Bedingungen der Anwendung von linearen Modellen werden kritisch betrachtet, die verschiedenen Methoden der Berechnung der Reihen- und Rezirkulationsprozeßteilen sind auch zu sehen. Mit diesen Erfahrungen bekommen die Studenten gewisse Vorstellungen über die Grundbegriffe der Simulation.

Erfahrungen des Unterrichts der Kybernetik in der Chemischen Technologie

Die Kybernetik in der Technologie ist ein neues Element in unserem Unterricht. Ihre Thematik wird sich noch wahrscheinlich laut unserer und laut anderer Erfahrungen verändern. Wir meinen, daß die Notwendigkeit des Lehrfaches unbestreitbar ist. Um weitere Entwicklung zu erzielen, soll das Lehrmaterial mit mehreren Beispielen aus der industriellen Praxis ergänzt und damit in den ganzen Lehrvorgang besser integriert werden. Mit dem System des sogenannten »offenen Laboratoriums« ergaben sich gute Erfahrungen. Die Studenten eiferten sich möglichst viel Zeit beim Computer zu verbringen.

Öfters haben die Studenten bei den einzelnen Aufgaben mehrere Lösungen ausgearbeitet.

Eine wichtige Stimulation bedeutet die unmittelbare »interaktive Arbeitsweise« mit dem Computer. In Ungarn ist der Ausbau der mit interaktiven Terminalen versehenen Computersysteme noch im Anfangszustand. Die »Bach-Arbeitsweise«, die bei großen Maschinen üblich ist, hat didaktische Nachteile.

In diesem Zusammenhang möchten wir darauf hinweisen, daß unserer Meinung nach nur diese »interaktive Arbeitsweise« die Abschaffung des Fetischcharakters der Computers ermöglicht, womit die Anwendung des Computers für die Ingenieure der Zukunft zu einem gewohnten Hilfsmittel des Alltags wird.

Zusammenfassung

Die »Kybernetik in der Chemischen Technologie« ist ein neues Lehrfach in dem Unterricht der Chemieingenieurstudenten an der TU Budapest. Die Verfasser geben einen Überblick über die Thematik dieses neuen Lehrfaches und berichten über einige Erfahrungen im Zusammenhang mit der praktischen Durchführung des Unterrichts.

Literatur

1. SZEBÉNYI, I.: Hundred years of the Faculty of Chemical Engineering Technical University Budapest; Department of Chemical Technology, Budapest 1972. p. 69.
2. SZEBÉNYI, I.: Per. Polyt. Chem. Eng, **21**, 3 (1977).
3. TÁTRAI, F.—BÁLINT, Á.—SZEBÉNYI, I.: Computer Applications in Teaching Chemical Technology at the Technical University of Budapest, Symposium Chemplant 80. Hévíz 1980.
4. KAFAROV, V. V.—PEROV, V. L.—MESALKIN, V.: Vegyipari rendszerek matematikai modellezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
5. CROWE, C. M. et al.: Chemical Plant Simulation, Prentice Hall, New-Yersey, 1971.
6. KEHAT, E.—SHASHAM, M.: Chemical Process Simulation Programs I Proc. Techn. Internat., **18**, No. 1, 1973, p. 35.
7. LIDDLE, C. I.: Bonyolult műveleti egységek matematikai szimulációja, British Chem. Eng., **15**, 65. 1970.
8. VELA, M. A.: Petroleum Refiner, **40**, 247 (1961).
9. SHOEI KOMATSU: Ind. Eng. Chem., **60**, 36 (1968).
10. BENEDEK, P.: Bonyolult műveleti egységek matematikai szimulációja, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973.
11. TÁTRAI, F.: Kémiai Technológiai hálózat kiválasztása optimális számítógéppel, Dissertation, Technische Universität, Budapest, 1977.

Dr. Ágnes BÁLINT Dr. Ferenc TÁTRAI János BÁRKAI László PODMANICZKY	}	H-1521 Budapest
---	---	-----------------