

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

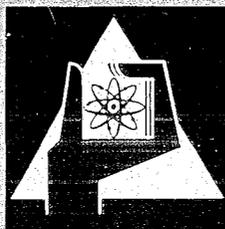
November 1969

KFK 1079
EUR 4317

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

Vorläufige Beschreibung des zweidimensionalen Abbrandprogramms ASB
Version des Programms von Interatom für die IBM 360/65

L. Mayer, D. Sanitz, E. Stein, G. Willerding



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

November 1969

KFK-1079
EUR-4317d

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

Vorläufige Beschreibung des zweidimensionalen Abbrandprogramms ASB
Version des Programms von Interatom für die IBM 360/65*

L. Mayer
D. Saritz
E. Stein
G. Willerding

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

* Diese Arbeit wurde im Rahmen der Assoziation zwischen der Europäischen Atomgemeinschaft und der Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe, auf dem Gebiet der schnellen Reaktoren durchgeführt.

Abstract

The two-dimensional burnup and management program ASB, which has been developed by INTERATOM, Bensberg, for the CDC 1604A, has been adapted for the IBM 360/65 in Karlsruhe. This paper comprises a description of the code and the input. The stepwise development of a refined and extended version is intended and will be reported in the future.

Kurzfassung

Das zweidimensionale Abbrand- und Managementprogramm ASB, das von INTERATOM, Bensberg, für die CDC 1604A entwickelt wurde, ist auf die IBM 360/65 in Karlsruhe übernommen worden. Der vorliegende Bericht umfaßt eine Programmbeschreibung und Eingabeliste. Für die weitere Zukunft ist eine schrittweise Entwicklung einer verfeinerten und erweiterten Version und ihre Dokumentation geplant.

I. Einleitung^{*)}

Bei dem Programm ASB handelt es sich um ein bei Interatom für die dortige CDC 1604A entwickeltes zweidimensionales Abbrandprogramm, das bestimmte Managementvorgänge zu berücksichtigen gestattet / 1 /. Dieses Programm wurde in einem ersten Schritt für die IBM 360/65 umgestellt, ohne Änderungen am Programmablauf oder den Rechenmethoden vorzunehmen. Die zur Bestimmung von Wirkungsquerschnitten bei Interatom benutzten Programme wurden jedoch nicht übernommen; statt dessen wurde ein Programmteil erstellt, der die Übernahme von Querschnitten aus Nusys-Rechnungen vollzieht.

Es ist geplant, das Programm in mehreren Schritten zu erweitern, so daß es weitergehenden Ansprüchen genügt. Vorgesehen sind:

- a. Eine Erhöhung der möglichen Energiegruppenzahl.
- b. Einbeziehung der vorläufig nicht erlaubten Überstreuung.
- c. Erweiterung der möglichen Managementtypen.
- d. Einführung flexibler Isotopenketten.
- e. Zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt - da dies auf erhebliche programmtechnische Schwierigkeiten stößt - eine zeitabhängige Berechnung von Querschnitten.

Außer den genannten Änderungen werden noch eine Reihe organisatorischer Umstellungen vorgenommen werden, die mit der Ausnutzung der gegenüber der CDC 1604A wesentlich größeren und flexibleren IBM-Maschine zusammenhängen. Die Organisation der vorliegenden Version wurde nur soweit wie unbedingt nötig umgestellt, um Zeit zu sparen. Von den organisatorischen Änderungen wird der Benutzer natürlich nur ausnahmsweise betroffen werden.

In den folgenden beiden Abschnitten wird der Rechenablauf soweit erklärt, daß der Benutzer die Eingabe verstehen kann. Darauf folgt die Eingabebeschreibung, Angaben über Rechenzeiten und die nötigen Jobkontrollkarten. Es wird vorausgesetzt, daß der Benutzer mit der Erstellung von Querschnitten mit dem Nusys-System vertraut ist; die in den entsprechenden Programmbeschreibungen (Programme 446 und 352) verwendete Nomenklatur wird ohne weitere Erklärungen benutzt.

^{*)} Manuskript zum Druck eingereicht am 15. November 1969

II. Nusys-Rechnungen zur Querschnittsbestimmung

In der vorliegenden Version läuft die Abbrandrechnung in zwei Schritten (Jobsteps) ab: Ein vorbereitender Nusyslauf, in dem alle zu irgendeinem Zeitpunkt vom Abbrandprogramm benötigten Querschnitte erzeugt und in einen Dataset (ASB-Dataset) gebracht werden; sodann der eigentliche ASB-Lauf, in dem die Abbrandrechnung unter Benutzung des ASB-Datasets durchgeführt wird. Im Prinzip können die beiden Läufe natürlich auch als getrennte Jobs durchgeführt werden; insbesondere ist es möglich, mit einem einmal erzeugten Dataset mehrere ähnliche Reaktoren zu berechnen.

Die vom Abbrandprogramm benötigten Querschnitte sind die folgenden:

1. CHI, NUSF, SCAPT, SFISS, SMTOT, STR für alle Mischungen, auch diejenigen, die anfänglich nicht im Reaktor vorhanden sind, z.B. Nachfolger, die zunächst ausgefahren sind oder Mischungen, die erst bei einem Lauf für einen ähnlichen Reaktor verwendet werden sollen.
2. NUSF, SCAPT, SFISS, SMTOT für alle Mischungen und alle zeitabhängigen Materialien, auch solche, die erst im Laufe der Zeit gebildet werden. Das bedeutet z.B., daß Querschnitte für die anfänglich nicht vorhandenen Spaltprodukte bereitgestellt werden müssen. In den Mischungen, in denen einige zeitabhängige Materialien auch im Laufe der Zeit nicht entstehen, können diese Materialien natürlich die Konzentration Null haben, brauchen also nicht aufgeführt zu werden. (Beispiel: Spaltprodukte und spaltbare Materialien in Reflektoren oder Uran²³⁸ und die Plutoniumisotope in einer nur mit U²³⁵ beladenen Zone). In den Mischungen, in denen die Konzentrationen einiger Materialien nur anfänglich Null sind, müssen ihnen sehr kleine, aber nicht verschwindende Konzentrationen zugeordnet werden.

Die Zahl der spaltbaren Materialien muß 5 oder 6 sein, und zwar muß sie immer die Isotope U^{238} , Pu^{239} , Pu^{240} , Pu^{241} und Pu^{242} umfassen sowie bei 6 spaltbaren Materialien noch U^{235} . Die Anzahl der Spaltprodukte darf bis zu 10 betragen; Übergänge zwischen Spaltprodukten, beispielsweise durch Einfang oder radioaktiven Zerfall, können nicht berücksichtigt werden.

Folgende Nusysblöcke müssen im ASB-Dataset enthalten sein:

SIGMN
KOMPØ
INPAW

Zur Erstellung von SIGMN müssen die Blöcke SIGMA und SRATE berechnet werden. Dies ist bei der normalerweise erforderlichen Anzahl von Mischungen bei Benutzung eines 26-Gruppensatzes nicht mit einem einzigen Durchlauf durch die Programme 446/352 zu erreichen, da der Kernspeicher für die Aufnahme der in 446 benötigten Streumatrizen für alle vorkommenden Materialien und Mischungen meist nicht ausreicht. Daher müssen in mehreren Durchläufen die Querschnitte von jeweils einer Teilmenge der Mischungen berechnet werden, und am Schluß müssen die dabei entstandenen Teilblöcke SIGMA, SRATE und KOMPØ zu drei umfassenden Blöcken zusammengesetzt werden. Ein typischer Programmablauf zur Erstellung des ASB-Dataset sieht daher folgendermaßen aus:

| | |
|-------|--|
| 00397 | Eingangsprogramm |
| XXXXX | falls gewünscht, Programme zur Erstellung eines SPEKT-Blocks |
| 00397 | Löschen aller Blöcke außer dem Spektrumsblock |
| 02210 | Berechnung der ersten Untermenge von Mischungen |
| 00446 | Querschnitte für die erste Untermenge |
| 00352 | Kondensation der Querschnitte für die erste Untermenge |
| 00451 | Herausschreiben der Blöcke KOMPØ, SRATE, SIGMA |

gleiche Programmkombination für die zweite Untermenge

gleiche Programmkombination für die letzte Untermenge

| | |
|-------|--|
| 02291 | Kombination der $KOMP_0$, SIGMA, SRATE Blöcke |
| 02290 | Erstellung des SIGMN-Block aus SIGMA und SRATE |
| 00451 | Herausschreiben der Blöcke $KOMP_0$, SIGMN, INPAW |

Für die Eingabe wird auf die Nusysbeschreibungen verwiesen.

Zum IMPAW-Block noch folgende Bemerkungen:

1. Nach dem oben Gesagten müssen die Auswerttypen NUSF, SCAPT, SFISS und SMTOT angegeben werden, es können jedoch noch weitere Typen verlangt werden.
2. Wiederum nach Obigem muß für jedes zeitabhängige Material eine Materialkombination definiert werden und diese muß für jeden der vier genannten Auswerttypen berechnet werden. Es steht dem Benutzer frei, beliebige andere Materialkombinationen zusätzlich zu definieren und für beliebige Auswerttypen zu berechnen.
3. Über die Namen zur Charakterisierung der im Abbrandprogramm benötigten Materialkombinationen bestehen keine Vorschriften; sie brauchen also weder mit den Namen der Materialien im KOMPO-Block noch mit den in ASB vorgeschriebenen Namen übereinzustimmen.

Für die Reihenfolge der Mischungen ist die Reihenfolge in K.12 der ASB-Eingabe zu beachten, also:

1. Nachfolgemischungen.
2. Übrige zeitabhängige Mischungen.
3. Absorbermischungen in gleicher Reihenfolge wie die Nachfolgemischungen.
4. Reflektormischungen.

III. Das Programm ASB

Die bei Interatom gebräuchliche Terminologie stimmt nicht mit der in Nusys verwendeten überein und muß deshalb vorweg erklärt werden. In der Eingabe wird die Nusys-Terminologie verwendet, jedoch taucht in der Ausgabe vorläufig noch die unveränderte Terminologie auf; zudem gibt es für einige Begriffe keine analogen bei Nusys.

"Stoffe" bzw. "Materialien" sind die im ASB bzw. im Unterprogramm MUGDI verwendeten Bezeichnungen für "Mischung". Die Mischungen haben Nummern, die durch ihre Reihenfolge im KOMPØ- und SIGMN-Block gegeben sind.

"Bereiche" beziehen sich auf die axiale und radiale Unterteilung des Reaktors ausschließlich Reflektor. Ein axialer Bereich erstreckt sich über den gesamten Radiusbereich des Reaktors inklusive radiales Blanket, ein radialer über die gesamte Höhe inklusive axiales Blanket (Abb. 1 und 2).

"Gebiete" sind die durch die Unterteilung in axiale und radiale Bereiche entstehenden Volumina. Ein Gebiet kann nur eine Mischung enthalten, jedoch können mehrere Gebiete die gleiche Mischung enthalten.

"Konstruktionsteile" sind eine Zusammenfassung mehrerer Gebiete zur Mittelwertbildung im Auswertteil (Abb. 2). Sie dürfen einander überlappen. Ihre Namen sind für den Programmablauf ohne Bedeutung.

"Stoffverteilungen" sind nach dem oben Gesagten mit Mischungsverteilungen zu übersetzen. Eine Mischungsverteilung ordnet jedem Gebiet (ausschließlich Reflektor) eine Mischung zu.

"Reflektorspezifikation" ist eine Zusammenfassung aller Daten zur Beschreibung einer Reflektorzone. Für das Beispiel in Abb. 2 sind 3 Reflektorspezifikationen nötig, auch wenn die Zusammensetzung der 3 Reflektoren identisch ist.

Der Rechnung liegt ein Maschennetz in r-z-Richtung zugrunde. Gebietsgrenzen müssen mit Maschengrenzen zusammenfallen. Bei der Definition des Maschennetzes arbeitet man in r- und z-Richtung mit Intervallen, in denen sich die Schrittweite nicht ändert; die Grenzen dieser Intervalle brauchen nicht mit Gebietsgrenzen übereinzustimmen. Die radialen Maschengrenzen werden von innen nach außen, die axialen von oben nach unten gezählt (Abb. 2).

Im folgenden werden die für den Benutzer wichtigen Züge des Programmes in der Reihenfolge des Programmablaufs besprochen.

1. Ein- und Ausgabe. Die Eingabe ist vorläufig formatgebunden. Der Umfang der Ausgabe und Auswertungsrechnungen wird weitgehend mit Kennziffern gesteuert (siehe Eingabebeschriftung).

2. Start der Rechnung. Wegen der hohen Rechenzeiten wird empfohlen, in einem Probelauf von der in K.6, Sp.70-73 gegebenen Möglichkeit, das Programm nach der ersten Diffusionsrechnung zu beenden, Gebrauch zu machen. Hat man sich vergewissert, daß die Rechnung bis dahin ordnungsgemäß gelaufen ist, so kann man in Spalte 70-73 Blanks einsetzen und den eigentlichen Abbrandlauf mit sonst unveränderter Eingabe starten.

Durch K.23 und K.24 der Eingabe ist die Möglichkeit gegeben, die Konzentrationen beliebiger zeitabhängiger Materialien in beliebigen Mischungen eines vorher erzeugten ASB-Dataset abzuändern. Damit kann man z.B. Reaktoren mit schwach unterschiedlichen Anreicherungen unter Benutzung eines einzigen ASB-Dataset berechnen.

Falls die Rechnung mit eingefahrenen Regelstäben startet, stehen am Anfang und Ende der Rechnung zwei Diffusionsrechnungen mit und ohne Regelstäbe zur Bestimmung des Reaktivitätshubs.

3. Diffusionsrechnung. Die Diffusionsrechnung wird unter Benutzung einer Spezialversion des ebenfalls bei Interatom entwickelten zweidimensionalen Diffusionsprogramms MUGDI durchgeführt. Durch diese Spezialversion bestehen folgende grundsätzliche Einschränkungen: Nur r-z-Geometrie, maximal vier Energiegruppen, keine Überstreuung erlaubt.

4. Auswertung. Der Auswertungsteil erstellt - z.T. durch die Eingabe gesteuert - eine große Anzahl von fluß-, leistungs- und ratenabhängigen Daten. U.a. gibt es eine Möglichkeit zur Berechnung punktwieser axialer und radialer Bucklings. Diese werden jedoch nicht auf inneren oder äußeren Gebietsgrenzen angeliefert.

5. Berücksichtigung des Reaktormanagements. Das Programm erlaubt ein Ziehen von Regelstäben und ein Neubeladen von Zonen. Wieweit eine Kombination von Ziehen und Neubeladen sowie Umladen oder Wiedereinfahren möglich ist, war zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts noch nicht geklärt. Vor Erscheinen des ersten Zusatzberichts erteilen die Autoren Auskünfte über den neuesten Stand.

Das Management wird durch Definition mehrerer Mischungsverteilungen bewerkstelligt. Es wird angenommen, daß k_{eff} mit der Zeit abnimmt. Ein Sollwert k_{soll} wird definiert, unter den die Reaktivität nicht (in praxi: nicht erheblich) absinken soll.

Die Rechnung startet mit der ersten Mischungsverteilung. Ist das zugehörige k_{eff} kleiner als k_{soll} , so wird die Diffusionsrechnung mit der nächsten Mischungsverteilung wiederholt und so fort, bis eine Mischungsverteilung mit $k_{\text{eff}} > k_{\text{soll}}$ gefunden wird. Man kann diesen Anfangsformalismus dazu ausnutzen, eine Regelstabcharakteristik ohne Abbrandrechnung aufzunehmen, indem man k_{soll} genügend groß ansetzt und NZ in K.6 gleich 0 setzt.

Mit der Mischungsverteilung mit genügend großem k_{eff} wird sodann die Abbrandrechnung durchgeführt, bis am Ende eines Schritts wiederum

$k_{\text{eff}} < k_{\text{soll}}$ ist. Dann wird die nächste und, falls nötig, weitere folgende Mischungsverteilungen verwendet, bis wiederum eine mit $k_{\text{eff}} > k_{\text{soll}}$ gefunden wurde. Falls die letzte Mischungsverteilung erreicht ist, bevor alle Abbrandschritte durchgeführt sind, wird mit ihr ohne Berücksichtigung der Reaktivität bis zum Ende gerechnet, auch dann, wenn sie noch eingefahrene Regelstäbe enthält.

6. Mischungsverteilungen für Neubeladen. Neubeladen wird dadurch gekennzeichnet, daß in dem betreffenden Gebiet zu der ursprünglichen Mischungsnummer 100 addiert wird. Es ist auch möglich, eine andere als die ursprüngliche Mischung einzuladen, jedoch sollte sie das gleiche Brennstoffgewicht pro Kubikzentimeter aufweisen wie die ursprüngliche Mischung. Einladen von Brennstoff mit anderer Dichte oder anderem Volumenanteil als der ursprüngliche ist damit ausgeschlossen.

Ein Beispiel für eine Rechnung mit Neubeladen von Core und innerem radialem Blanket (bei sehr einfacher Gebietsaufteilung) gibt Abb. 3. Die Zeitschritte sind äquidistant gewählt.

7. Mischungsverteilung für Regelstabbewegung. Eingefahrene Regelstäbe werden durch negative Mischungsnummern in der Mischungsverteilung charakterisiert, und zwar nicht durch die Mischungsnummer des Absorbers, sondern die des zugehörigen Nachfolgers. Die Zuordnung nimmt das Programm mit Hilfe der Eingabekarte 12 vor. In den Mischungsverteilungen tauchen also nirgends die Mischungsnummern der Absorber auf. Form und Folge des Ziehens wird durch die Reihenfolge der Mischungsverteilungen festgelegt. Ein Beispiel mit zwei zu verschiedenen Zeiten gezogenen Regelstabringen zeigt Abb. 4. Da die Regelstäbe nicht aus dem oberen axialen Blanket entfernt werden, werden dort keine Nachfolger- und Absorberrmischungen einander zugeordnet, und es tauchen also nur im Core negative Mischungsnummern auf. Außerdem wird angenommen, daß die Zahl der Mischungsverteilungen nicht bis zum Ende der Abbrandrechnungen ausreicht.

8. Abbrandrechnungen. Wie im vorigen Kapitel erwähnt, sind nur 5 oder 6 vorgeschriebene Spalt- und Brutisotope möglich und bis zu 10 Spaltprodukte. Ein Abbrennen von Absorbiermaterial ist in der vorliegenden Fassung nicht möglich.

Die Behandlung der Betriebsvorgänge durch das Programm verlangt vom Benutzer eine recht gute Voraussetzung des Zeitverhaltens, also etwa Kenntnis der Reaktivitätshübe durch Abbrand und einer Regelstabcharakteristik. Dies und das starre Isotopenschema werden als die größten Nachteile des Programms empfunden und sollen daher abgeändert werden.

IV. Datasets, Kontrollkarten, Rechenzeiten, Fehlermeldungen

Es wird im folgenden angenommen, daß im Nusysstep ein Dataset mit dem Namen "UEBER" erzeugt worden ist. Weiter wird vorausgesetzt, daß Nusys- und ASB-Step einen Job bilden. Wenn die beiden Steps in getrennten Jobs durchgeführt werden, muß der Benutzer dafür sorgen, daß die von Nusys erzeugten Querschnitte in einer Datei gespeichert werden, die auch über den Job hinaus erhalten bleibt.

Weist man den Variablen in Karte 1 und Karte 2 der ASB-Eingabe die folgenden Werte zu:

NFLUTA=20,NTAPEA=23,NTAPEB=10,
NFILE=25 und MFILE=26,

so enthält die Tabelle 1 sämtliche für den ASB-Step erforderliche Job-Kontrollkarten. Für die Karten, die nicht unverändert bei jedem Job übernommen werden können, folgen hier einige Erläuterungen und Bemerkungen.

Karte 1: Die Rechenzeit von 5 Minuten ergab sich mit folgenden Eingabedaten:

NZ=3,NMI=1,NUSTØ=3,IBER=3,JBEB=2,
NISØ=6,NG=4,NX=2,NY=3,NZSCH=4,SS=15,
TT=19,KAMAX=20,NBUCK=1,EPS=10⁻³.

Die Rechenzeit hängt wesentlich von der äußeren Iterationszeit in RZ-MUGDI ab. Da diese Zeit im Protokoll erscheint, ist daraus eine Schätzung der gesamten Rechenzeit sehr einfach.

Es wird empfohlen, die Läufe zuerst mit TIME.G=1 zu starten, da diese Zeit schon ausreicht, die Eingabe von ASB auf ihre Richtigkeit zu testen und die eventuell auftretenden Eingabefehler anzuzeigen.

Karte 2: Diese Karte kann wegfallen, wenn wenig gedruckt wird. In vielen Fällen wird der im Beispiel angegebene SPACE-Parameter jedoch noch vergrößert werden müssen, da ASB sehr ausgabeintensiv ist.

Karte 15: Diese Karte fällt für KINWIO≠0 weg.

Wird der ASB-Step in einem eigenen Job durchgeführt, so muß diese Karte Angaben über die Bibliothek - und natürlich auch über die UNIT, auf der die Bibliothek steht - enthalten, in welcher der in Nusys erzeugte Dataset steht; bei UNIT=SYSDA ist keine über den Job hinaus bestehende Datenerhaltung möglich. Wenn man die in Nusys erzeugte Datei nicht zerstören will, so muß der DISP-Parameter in DISP=(OLD,KEEP) geändert werden.

Karte 16: Diese Karte entfällt bei KINWIO≠0.

Karte 17: An diese Karte schließen sich die Eingabedaten für ASB an, die mit einer Trennkarte (/*) abgeschlossen werden.

Fehlernachrichten

ASB führt im Einleseteil eine sehr genaue Prüfung der Eingabe durch und druckt Fehlermeldungen aus. In den meisten Fällen ersieht man aus dem Kommentar die Art des Fehlers. Da die gesamte Eingabe getestet wird, ist es möglich, daß ein Fehler in den Eingabedaten zu einer Reihe von weiteren Fehlern führt, die dann auch angezeigt werden.

Bei Fehlernachrichten vom System, deren Ursache ein zu kleiner Space-Parameter ist (z.B. Completion Code D37) ist meist zu prüfen, ob der Fehler durch die Druckausgabe verursacht wird. War dies nicht der Fall, so bitten die Autoren um Benachrichtigung.

Wenn das Operating System der IBM 360 den Platz in Anspruch nehmen muß, der durch die "secondary quantity" im Space Parameter des DD-statements vorgesehen ist, so kann es vorkommen, daß auf der entsprechenden "unit" kein weiterer Platz mehr vorhanden ist. Dies führt zum Abbruch des Programms mit Fehlermeldung. Wird jedoch der diesen Fehler produzierende Job nochmals gestartet, so wird in den meisten Fällen der beim vorhergehenden Lauf aufgetretene Fehler nicht mehr vorhanden sein. Die Autoren bitten jedoch auch hier um Benachrichtigung.

V. Eingabedaten für das Programm ASB

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|--|--------------------------|------------|----------------------|---------|--|
| 1 | NFLUTA | I3 | 1-3 | 0,1,2 | jeweils erster File der drei File-Sets; siehe Abschnitt IV |
| | NTAPEA | I3 | 4-6 | 0,1,2 | |
| | NTAPEB | I3 | 7-9 | 0,1,2 | |
| | KINWIO | I3 | 10-12 | 0,1,2 | |
| 0 bei Querschnittsübernahme von NUSYS ≠0 wenn Querschnitte äußere Eingabe | | | | | |
| 2 | fällt weg, wenn KINWIO≠0 | | | | |
| | NFILE | I6 | 1-6 | 0,1,2 | Nummer des ASB-Datasets } siehe Abschnitt IV Nummer des Zwischensets } |
| | MFILE | I6 | 7-12 | 0,1,2 | |
| 3 | fällt weg, wenn KINWIO≠0 | | | | |
| | NMAT | I6 | 1-6 | 0,1,2 | Zahl der zeitabhängigen Materialien (<= 16) |
| | NG | I6 | 7-12 | 0,1,2 | Zahl der Energiegruppen (<4) |
| 4 | fällt weg, wenn KINWIO≠0 | | | | |
| | NAME | 10(A5, 3X) | 1-5 9-13 17-21 | 0,1,2 | Namen der zeitabhängigen Materialien in Reihenfolge und Schreibweise wie im Kompo-Block |
| | | | ⋮ | | |
| 5 | TEXT | 9A8 | 1-72 | 0,1,2 | Kommentar zur Rechnung, Seitenüberschrift |
| 6 | NVERS | I1 | 1 | 0,1,2 | 0: Automatisches Ziehen der Regelstäbe 1: Regelstäbe werden nicht bewegt 2: Nur RZ-Mugdi |
| | MUFLU | I1 | 2 | 0,1,2 | 1: RZ-Mugdi-Quellen und Flüsse werden <u>maschenpunktweise</u> ausgedruckt 0: RZ-Mugdi-Quellen und Flüsse werden nicht ausgedruckt |
| | MAFLU | I1 | 3 | 0,1,2 | 3: Mugdi-Absolutflüsse werden <u>maschen- und gebietsweise</u> ausgedruckt 2: Mugdi-Absolutflüsse werden <u>gebietsweise</u> ausgedruckt 1: Mugdi-Absolutflüsse werden <u>maschenweise</u> ausgedruckt |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|-------|-------|--------|--------|---------|---|
| n.6 | | | | | 0: Mugdi-Absolutflüsse werden nicht ausgedruckt |
| | KLEIS | I1 | 4 | 0,1,2 | 1: Leistungen, Leistungsdichten und Leistungsformfaktoren werden ausgedruckt 0: Leistungen, Leistungsdichten und Leistungsformfaktoren werden nicht ausgedruckt. |
| | KSPAR | I1 | 5 | 0,1,2 | 1: Spaltraten werden ausgedruckt 0: Spaltraten werden nicht ausgedruckt |
| | KREIS | I1 | 6 | 0,1,2 | 1: Spaltraten und Absorptionsraten werden isotoneweise gedruckt 0: Spaltraten und Absorptionsraten werden nicht gedruckt |
| | | | 7-12 | | Blanks |
| | NZ | I2 | 13-14 | 0,1 | Zahl der Zeitschritte (≤ 20) |
| | NMI | I2 | 15-16 | 0,1,2 | Zahl der Mischungsverteilungen (bel. viele) |
| | NKT | I2 | 17-18 | 0,1,2 | Zahl der Konstruktionsteile (≤ 30) |
| | NREF | I2 | 19-20 | 0,1,2 | Zahl der Reflektorspezifikationen (≤ 20) s. K.14 |
| | NUSTØ | I2 | 21-22 | 0,1,2 | Zahl aller Mischungen (≤ 99) |
| | NREST | I2 | 23-24 | 0 | Zahl der Absorbermischungen; s. K.12 |
| | NKZ | I2 | 25-26 | 0 | Zahl der zeitabhängigen Mischungen (≤ 50) |
| | IBER | I2 | 27-28 | 0,1,2 | Zahl der axialen (↑) Bereiche (≤ 30) |
| | JBER | I2 | 29-30 | 0,1,2 | Zahl der radialen (→) Bereiche (≤ 20) |
| | NP | I2 | 31-32 | 0,1 | Zahl der Spaltprodukte (≤ 10) |
| | NISØ | I2 | 33-34 | 0,1 | Zahl der spaltbaren Isotope (5 oder 6) |
| | NG | I1 | 35 | 0,1,2 | Zahl der Energiegruppen (≤ 4) |
| | NX | I3 | 36-38 | 0,1,2 | Zahl der Intervalle gleicher Schrittweite in R-Richtung (siehe Mugdi-Eingabe) |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|--------|-------|--------|--------|---|--|
| n.6 | NY | I3 | 39-41 | 0,1,2 | Zahl der Intervalle gleicher Schrittweite in Z-Richtung (siehe Mugdi-Eingabe) |
| | NZSCH | I3 | 42-44 | 0,1,2 | Zahl der Schrittweiten (siehe Mugdi-Eingabe) |
| | KCHI | I3 | 45-47 | 0,1,2 | Nummer der Mischung, deren χ für die Diffusionsrechnung benutzt werden soll |
| | SS | I3 | 48-50 | 0,1,2 | Letzte Spaltennummer (Mugdi) (≤ 80) |
| | TT | I3 | 51-53 | 0,1,2 | Letzte Zeilennummer (Mugdi) (≤ 100) |
| | NK | 4I1 | 54 | 0,1,2 | Randbedingung Zeile 1 |
| | | | 55 | 0,1,2 | Randbedingung Spalte 1 |
| | | | 56 | 0,1,2 | Randbedingung Zeile TT |
| | | | 57 | 0,1,2 | Randbedingung Spalte SS |
| | | | 58-66 | | Blanks |
| | KAMAX | I3 | 67-69 | 0,1,2 | Maximale Anzahl der äußeren Iterationen von Mugdi (normal 20-30) |
| | NSTA | A4 | 70-73 | 0,1 | STOP: Rechnung wird nach der ersten Diffusionsrechnung abgebrochen ‡STOP: Rechnung läuft bis zum Ende |
| NBUCK | I2 | 75-76 | 0,1,2 | Zahl der Zeitschritte, für die punktweise Bucklings berechnet werden sollen | |
| KSTANZ | I2 | 77-78 | 0,1 | Nr. des Zeitschritts, dessen Anfangskonzentrationen gestanzt werden sollen | |
| 7 | GGES | E12.5 | 1-12 | 0,1,2 | Gesamtleistung des Systems / \overline{MW} 7; bei halbem Core nur halbe Leistung |
| | KSØLL | E12.5 | 13-24 | 0,1,2 | Sollwert des k_{eff} |
| | EPS | E12.5 | 25-36 | 0,1,2 | Fehlerschranke für k_{eff} (Mugdi); etwa 10^{-4} ; dieser Fehler wird dreimal unterschritten, ehe er zum Ende der Mugdi-Rechnung führt |
| | B2 | E12.5 | 37-48 | 0,1,2 | Querbuckling (Mugdi); normalerweise Null |
| | RO | E12.5 | 49-60 | 0,1,2 | Anfangsradius (Mugdi) |
| | BETHA | E12.5 | 61-72 | 0,1,2 | Fehlerlimit für innere Iterationen (normal = 0,2) |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|------------|--------------------------|---------------|---|---|---|
| n. 11ff | | | | | den sie zur letzten Mischrechnung, ist sie um 100 erhöht, werden sie zu allen Mischrechnungen des Zeitschritts berechnet und ausgedruckt. |
| 12ff | fällt weg, wenn NKZ = 0 | | | | |
| | MINU | 24I3 | 1-3 4-6 : : | 0,1 | Mischungsnummern der zeitabhängigen Mischungen, d.h. fortlaufend die Nummern 1 bis NKZ. Falls mit Absorbieren und negativen Kennzahlen gearbeitet wird, müssen diesen Nummern folgende Mischungen zugeordnet sein (Beispiel): 1 Nachfolger Nr. 1 2 " Nr. 2 3 " Nr. 3 4 5 : : NKZ-3 NKZ-2 Absorber Nr. -1 NKZ-1 " Nr. -2 NKZ " Nr. -3 Diese Reihenfolge ist unbedingt einzuhalten. |
| 13ff | MIIJ | 24I3 | 1-3 4-6 : : | 0,1,2 | Mischungsverteilungen topologisch ohne Reflektoren. Jede Zeile und jede Mischungsverteilung beginnt mit einer neuen Karte. Für bewegte Absorber und frisch einzufahrende Mischungen siehe III,5-7. |
| 14ff | fällt weg, wenn NREF = 0 | | | | |
| | IREFL | 4(5I3, 3X) | 1-3 4-6 7-9 10-12 13-15 19-21 : : : | 0,1,2 0,1,2 0,1,2 0,1,2 0,1,2 0,1,2 : : : | Mischungsnummer des 1. Reflektors linke Grenze des 1. Reflektors rechte Grenz des 1. Reflektors obere Grenze des 1. Reflektors untere Grenze des 1. Reflektors Mischungsnummer des 2. Reflektors (4 Reflektorspezifikationen pro Karte) |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|-------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 15ff | fällt weg, wenn NKT = 0 | | | | |
| | IKONT | 3(A8, 4I3,3X) | 1-8 | 0,1,2 | Name des 1. Konstruktionsteils (beliebig) |
| | | | 9-11 | 0,1,2 | linke Grenze des 1. Konstruktions- teils |
| | | | 12-14 | 0,1,2 | rechte Grenze des 1. Konstruktions- teils |
| | | | 15-17 | 0,1,2 | obere Grenze des 1. Konstruktions- teils |
| | | | 18-20 | 0,1,2 | untere Grenze des 1. Konstruktions- teils |
| | | | 24-31 | 0,1,2 | Name des 2. Konstruktionsteils |
| | | | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | | | | | (3 Konstruktionsteilspezifikationen pro Karte) Reflektoren dürfen <u>nicht</u> als Kon- struktionsteile spezifiziert wer- den, oder den Teil eines Konstruktions- teiles bilden. |
| 16ff | IBERAX | 24I3 | 1-3 4-6 ⋮ | 0,1,2 | <u>obere und untere</u> Grenzen der axia- len Bereiche |
| 17ff | IBERRA | 24I3 | 1-3 4-6 ⋮ | 0,1,2 | <u>linke und rechte</u> Grenzen der radia- len Bereiche |
| 18ff | NHZ | 7(2I3, 3X) | 1-3 4-6 10-12 13-15 ⋮ | 0,1,2 0,1,2 0,1,2 0,1,2 | i Schrittweitenspezifikation in axialer Richtung n (Schrittweite i bis Zeile n) nächste Kombination (i,n) (7 Schrittweitenspezifikationen pro Karte) |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|-------|-------------------------------------|---------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| 19ff | NHR | 7(2I3, 3X) | 1-3 4-6 10-12 13-15 | 0,1,2 0,1,2 0,1,2 0,1,2 | i Schrittweitemspezifikation in radialer Richtung n (Schrittweite i bis Spalte n) nächste Kombination (i,n) (7 Schrittweitemspezifikationen pro Karte) |
| 20ff | SCHRW | 6E12.5 | 1-12 13-24 ⋮ | 0,1,2 | Schrittweiten i [<u>cm</u>] |
| 21ff | fällt weg, wenn KINWIO = 0 WIQUE | 6E12.5 | 1-12 ⋮ | 0,1,2 | Querschnitte (makroskopische Gesamtquerschnitte und makroskopische der zeitabhängigen Materialien) [<u>bar</u>] Reihenfolge: Für Gruppe 1, Mischung 1: 1. Karte: $x, D, v_{\Sigma_f}, \Sigma_a, \Sigma_s^{1+2}, \Sigma_f$ 2. Karte: $v_{\Sigma_f}, \Sigma_a, \Sigma_s^{1+2}, \Sigma_f$ für Mat. 1 3. Karte: $v_{\Sigma_f}, \Sigma_a, \Sigma_s^{1+2}, \Sigma_f$ für Mat. 2 ⋮ NP+NISØ+1.Karte: $v_{\Sigma_f}, \Sigma_a, \Sigma_s^{1+2}, \Sigma_f$ für Mat. NP+NISØ Die gleichen NP+NISØ+1 Karten dann für Gruppe 1, Mischung 2, Gruppe 1, Mischung 3, Gruppe 1, Mischung NUSTØ, Gruppe 2, Mischung 1.. Bei den Karten 2 bis NP+NISØ+1 Reihenfolge der Materialien wie bei K.9ff. |

| Karte | Name | Format | Spalte | Version | Erklärung |
|-------|--|--------|--------|---------|---|
| 22ff | fällt weg, wenn KINMIQ = 0 | | | | |
| | DN | 6E12.5 | 1-12 | 0,1,2 | Konzentrationen der zeitabhängigen Materialien in der Reihenfolge, wie K9ff. Für jede Mischung eine neue Karte beginnen. |
| 23ff | fällt weg, falls keine Konzentrationen geändert werden sollen. | | | | |
| | KONZIM A8, 32I2 | | 1-8 | 0,1 | Name des Isotops, dessen Konzentrationen nach Berechnung des zeitlich konstanten Anteils der Wirkungsquerschnitte geändert werden sollen. |
| | | | 9-11 | 0,1 | Nummern der Mischungen, bei denen die Konzentrationen des Isotops geändert werden sollen. |
| 24ff | fällt weg, wenn keine Konzentrationen geändert werden sollen. | | | | |
| | KONZIM 6E12.5 | | 1-12 | 0,1 | geänderte Konzentrationen in der Reihenfolge wie bei 23ff angegeben |
| | | | 13-24 | | Der Zyklus der Karten 23ff und 24ff kann beliebig ausgedehnt werden. |
| 25 | Leerkarte | | | | |
| 26 | ENDE | A4 | 1-4 | 0,1,2 | Die Konstante ENDE |

Ende der Eingabe

Karte

```
1 //ASB EXEC FHG,LIB=NUSYS,NAME=ASB,TIME.G=5,REGION.G=250K
2 //G.FT06FOO1 DD SPACE=(TRK,(100,10))
3 //G.FT10FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(2,2)),
  // DCB=(RECFM=V,LRECL=1676,BLKSIZE=1680)
4 //G.FT11FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
5 //G.FT12FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(4,4)),DCB=*FT10FOO1
6 //G.FT13FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
7 //G.FT14FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(2,2)),DCB=*FT10FOO1
8 //G.FT15FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
9 //G.FT16FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(2)),DCB=*FT10FOO1
10 //G.FT17FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
11 //G.FT18FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(1)),DCB=*FT10FOO1
12 //G.FT20FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
13 //G.FT21FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
14 //G.FT23FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(8,8)),DCB=*FT10FOO1
15 //G.FT25FOO1 DD UNIT=SYSDA,DSN=UEBER,DISP=(OLD,DELETE)
16 //G.FT26FOO1 DD UNIT=SYSDA,SPACE=(TRK,(10,10)),DCB=*FT10FOO1
17 //G.SYSIN DD
```

Tabelle 1

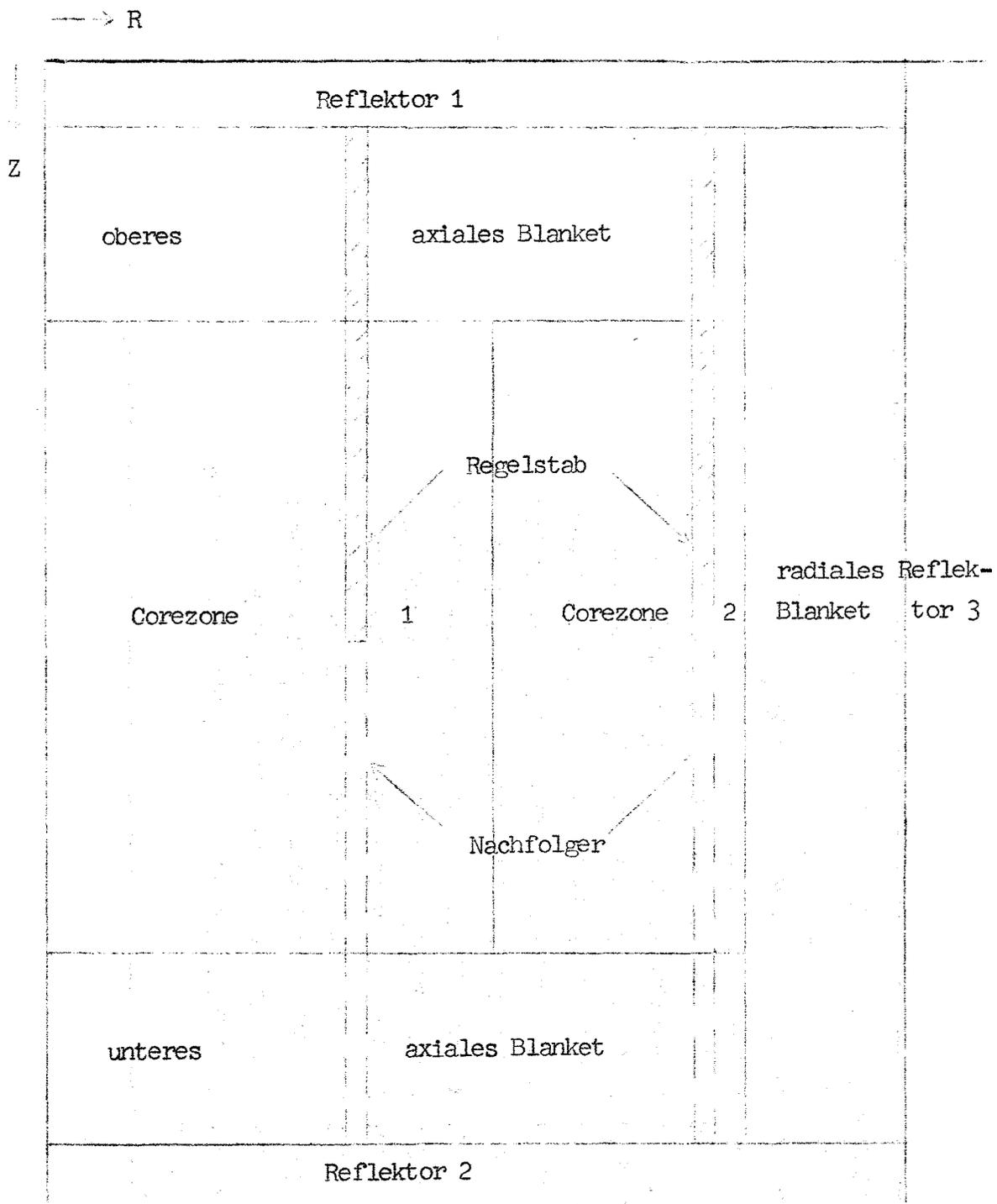


Abb. 1: R-Z-Darstellung eines Reaktors mit zwei Corezonen, Blankets und Reflektoren sowie teilweise eingefahrenen Regelstäben

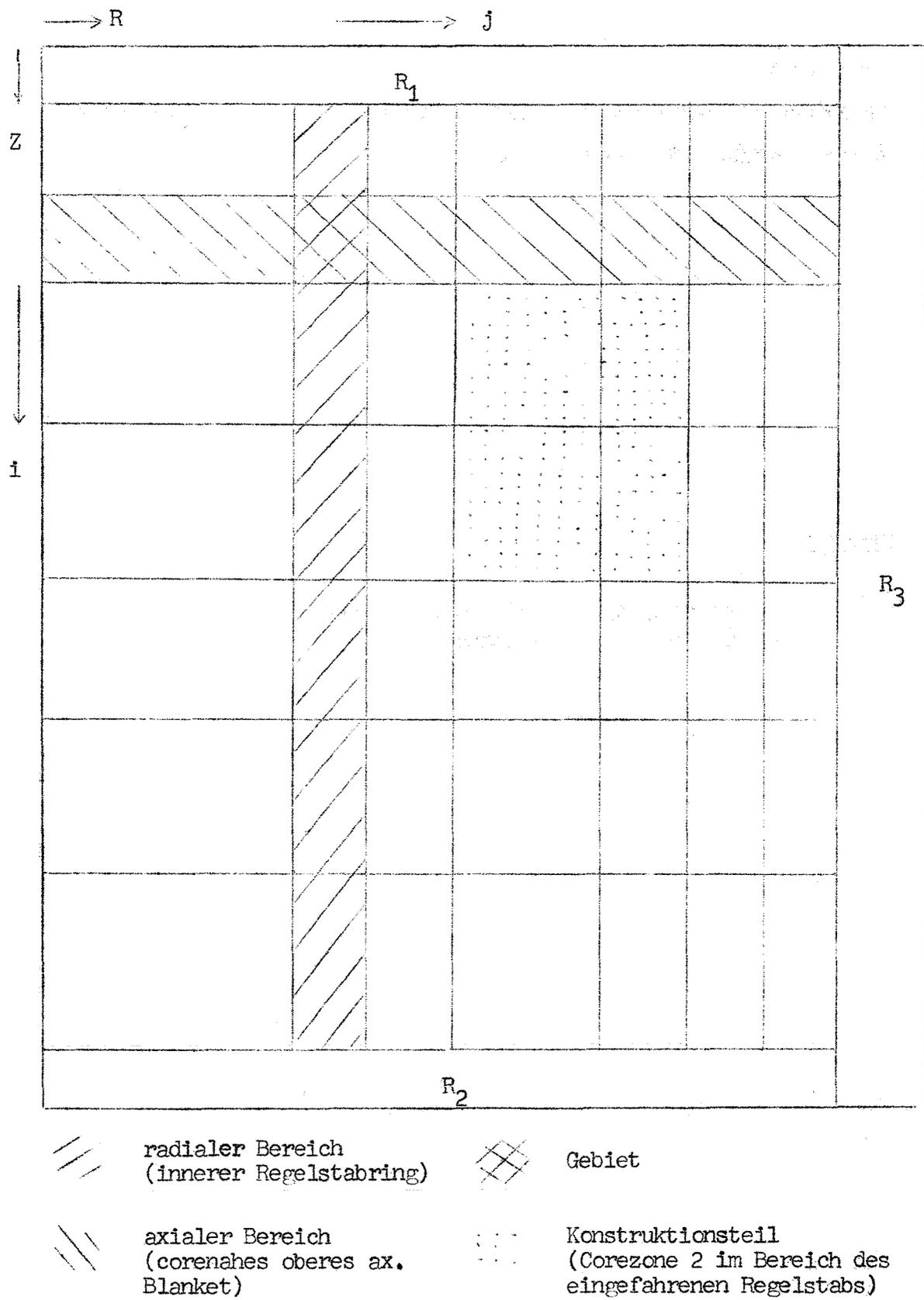


Abb. 2: ASB-Geometrie des in Abb. 1 dargestellten Reaktors

Danksagung:

Wir danken den Herren von INTERATOM für ihre großzügige Hilfeleistung bei der Übernahme des Programms.

Literatur

**/ 1 / W. Gebhard, K.H. Joest und W. Roßbach.
INTAT 96 - in Vorbereitung -**

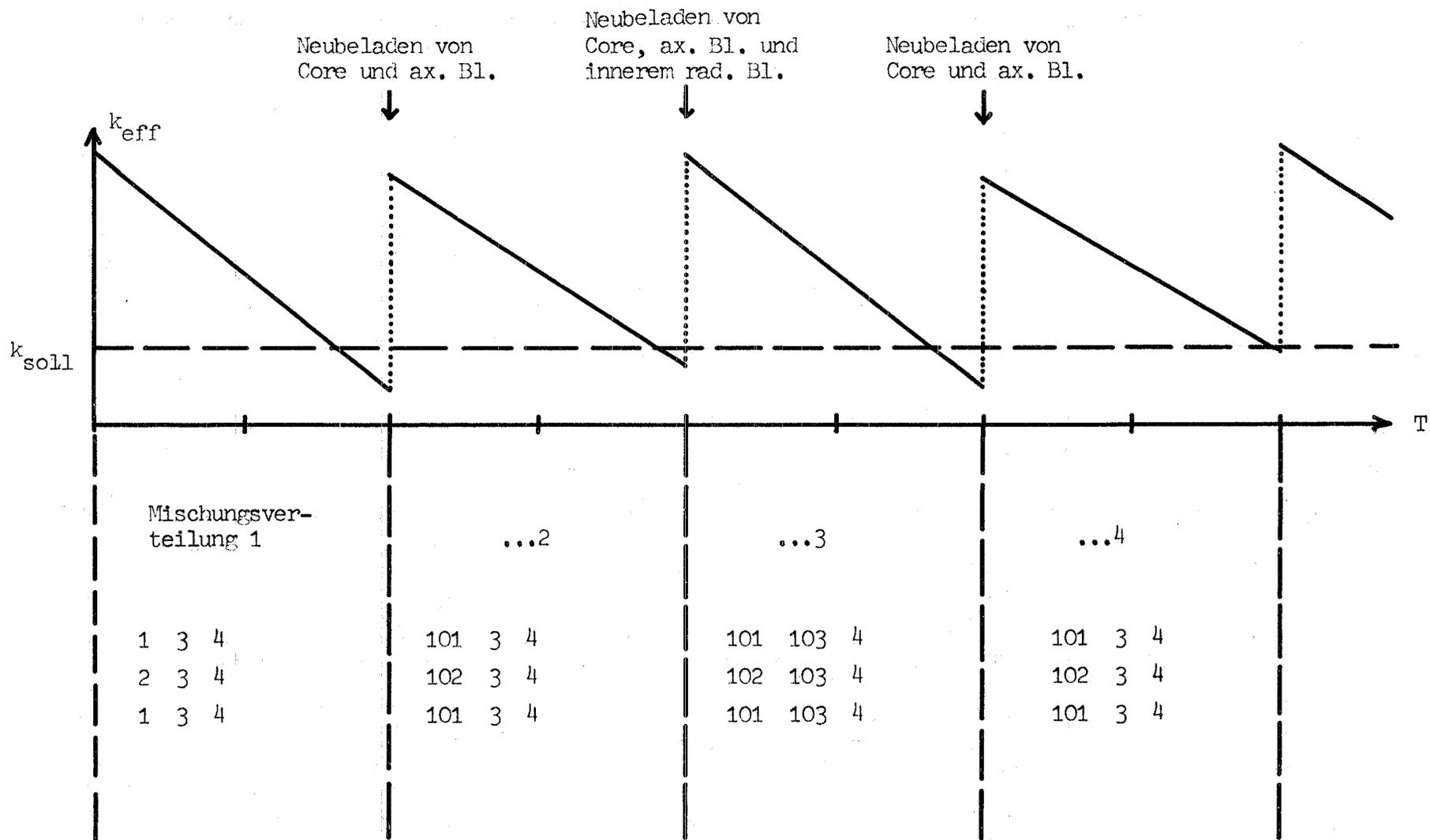


Abb. 3: Mischungsverteilungen und Verlauf der Rechnung bei Neubeladen
(Mischung 2: Core, alle anderen: Blanket)

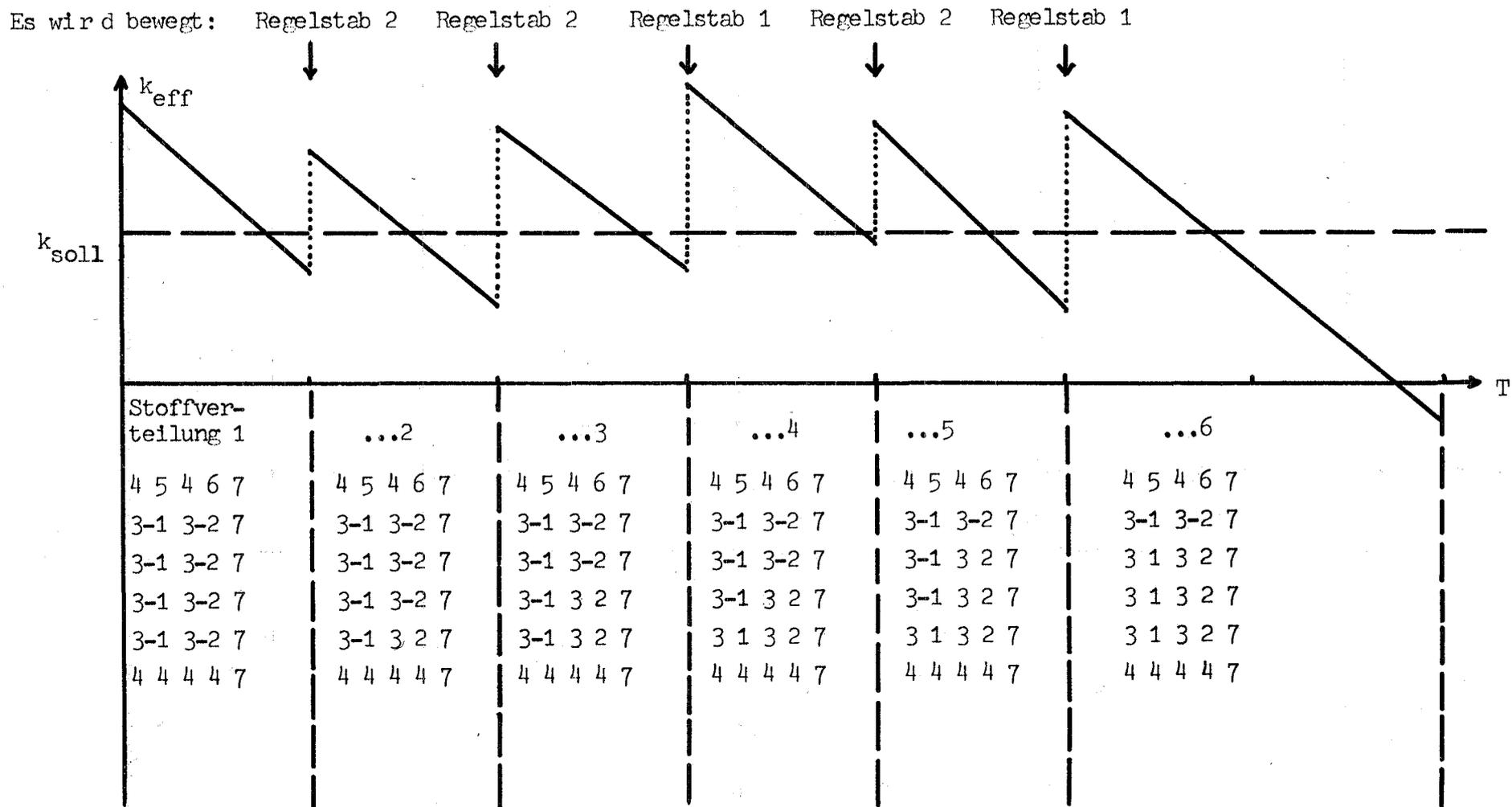


Abb. 4: Stoffverteilung bei Ziehen zweier Regelstabbringe. (Mischung 1 und 2 Nachfolger, 3 Core, 4,5,6,7 Blanket, z.T. mit Absorber, 8,9 zu 1 und 2 gehörige Absorber)