

# Zur Systemdynamik chaotischer Devisenmärkte\*

Von Beate Reszat, Hamburg

Nichtlinearitäten in den Wechselkursen lassen den Schluß zu, daß das Währungsgeschehen unter Umständen chaotisch verläuft.<sup>1</sup> Studien hierzu konzentrieren sich bislang zumeist auf den empirischen Aspekt: Sie zielen darauf ab, aus einer Fülle von Daten Spuren sogenannter seltamer Attraktoren zu entdecken, die das langfristige Verhalten chaotischer Systeme charakterisieren.<sup>2</sup> Selten werden dagegen Anstalten unternommen zu erklären, wie es zu Chaos kommt.<sup>3</sup> Dazu wäre es erforderlich, das Währungsgeschehen aus einer anderen Sicht als bisher zu betrachten und den Devisenmarkt als offenes dissipatives System und nicht, wie in traditionellen Ansätzen, als ein geschlossenes konservatives zu modellieren.

Die folgenden Ausführungen beschreiben, wie ein solches System aussehen könnte. Sie setzen dabei unmittelbar an dem Geschehen auf den Märkten an und gehen in ihrer Unterscheidung einzelner Gruppen von Akteuren über die gängigen Vorstellungen von Fundamentalisten und

---

\* Eine frühere kürzere Fassung dieser Arbeit wurde im Juni 1992 auf der International System Dynamics Conference unter dem Titel „Dissipation and Chaos in Foreign Exchange Markets“ vorgestellt. Ich möchte Hans-Walter Lorenz, Universität Göttingen, Franco Reither, Universität der Bundeswehr Hamburg, John Sterman, M.I.T., und einem anonymen Referee für wertvolle Hinweise und Kommentare danken. Die Forschung zu diesem Gebiet fand zum Teil mit finanzieller Unterstützung des German Marshall Fund (Grant No. A-0029-19) statt, auf die ebenfalls dankbar verwiesen wird.

<sup>1</sup> Chaos ist nicht die einzige mögliche Erklärung für Nichtlinearitäten. Jene können auch auf stochastische Einflüsse zurückzuführen sein. Vgl. dazu etwa aus jüngster Zeit Kräger, Kugler (1993) und die dort zitierte Literatur.

<sup>2</sup> Beispiele hierfür sind Brock et al. (1991), Hsieh (1989), Kugler, Lenz (1990), sowie Vassilicos et al. (1992). Die häufigste Schlußfolgerung in diesen und anderen Arbeiten ist, daß sich keine Spuren von Chaos finden lassen, wobei die verwendeten Methoden allerdings kaum geeignet sind, zwischen verschiedenen Ursachen für Nichtlinearitäten zu diskriminieren. Vgl. hierzu ausführlicher Reszat (1993b).

<sup>3</sup> Eine Ausnahme bilden De Grauwe, Vansanten (1990), De Grauwe, Dewachter (1992) und De Grauwe et al. (1993). Vgl. zu einer Kritik des ersteren, die im Grundsatz auch auf die letztgenannten Anwendung findet, Reszat (1993a).

Chartisten<sup>4</sup> hinaus. Die Zusammenhänge, die es zu beschreiben gilt, erschließen sich nicht leicht der Analyse, handelt es sich doch im Grundsatz um komplexe, von Interaktionen und Rückkoppelungen verschiedenster Art bestimmte Abläufe. Daher wird ein systemtheoretischer Ansatz gewählt,<sup>5</sup> um die Verbindungen und Wirkungsmechanismen im einzelnen deutlich zu machen.

### I. Eigenschaften chaotischer Systeme

Chaos steht allgemein für Schwankungen in deterministischen Systemen, die ohne Anstoß von außen auftreten.<sup>6</sup> Chaotische Systeme kommen nicht zur Ruhe und durchlaufen in zeitstetiger Betrachtung niemals den gleichen Punkt zweimal.<sup>7</sup> Ihr langfristiges Verhalten ist durch Bewegungen entlang seltsamer Attraktoren gekennzeichnet. Das sind begrenzte, fraktale Gebiete im Phasenraum, die die Trajektorien im Zeitablauf durchwandern und allmählich mehr und mehr ausfüllen und in die sie nach Störungen immer wieder zurückkehren.<sup>8</sup>

Chaotische Systeme zeichnen sich durch eine hohe Abhängigkeit von Ausgangsbedingungen und Parameterwerten aus, die in eben jenem Attraktorverhalten ihren Ausdruck findet. Auf einem seltsamen Attraktor entwickeln sich ursprünglich dicht beieinander liegende Punkte exponentiell auseinander. Erklären lässt sich das zum einen aus der dissipativen Natur derartiger Systeme und zum anderen mit einem Phänomen, das in der Literatur als „Strecken und Falten“ bezeichnet wird.

<sup>4</sup> Vgl. zu der Rolle von Chartisten und Fundamentalisten auf den Devisenmärkten etwa *Allen, Taylor* (1990), *Curcio, Goodhart* (1991), *Frankel, Froot* (1991), und *Goodhart* (1988), sowie zu ihrer Bedeutung für die Erklärung der Erwartungsbildung auf Finanzmärkten allgemein in dem hier betrachteten Zusammenhang *Peters* (1991).

<sup>5</sup> Vgl. zu den grundsätzlichen Vorzügen eines System-Dynamics-Ansatzes in derartigen Fällen *Sommer* (1981), *Wolstenholme* (1990).

<sup>6</sup> Die genaue Definition nennt hierfür drei Bedingungen: sensitive Abhängigkeit von den Ausgangsbedingungen, topologische Transitivität und Dichte der periodischen Punkte. Vgl. *Devaney* (1989), S. 50 sowie zu diesen Bedingungen im einzelnen auch *Frank, Stengos* (1988), S. 112f.

<sup>7</sup> In zeitdiskreten Systemen kann es dagegen den Anschein haben, als ob ein Punkt sehr wohl mehrmals durchlaufen wird, was damit zusammenhängt, daß das System hier quasi nur in einer Art Grobstruktur dargestellt wird. Das erklärt auch die oft gestellte Frage, wie sich denn beispielsweise, wie beobachtet, ein und derselbe Dollarkurs immer wieder einmal einstellen kann (seine Notierung wird auf vier Stellen hinter dem Komma begrenzt), wenn doch ein chaotisches System niemals den gleichen Punkt zweimal durchläuft.

<sup>8</sup> Vgl. etwa *Mirowski* (1990), S. 301f. und *Grebogi* et al. (1987), S. 238.

*Tabelle 1*  
**Unterschiede zwischen konservativen und dissipativen Systemen**

| Systemtyp                | konservativ                                                                     | dissipativ                                                                                                              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| allgemeine Merkmale      | geschlossene Systeme, reversible Prozesse, Universalprinzip                     | Offenheit, irreversible Prozesse, in chaotischen Systemen hohe Abhängigkeit von Ausgangsbedingungen und Parameterwerten |
| langfristiges Verhalten  | Steady States                                                                   | klassische Attraktoren: Fixpunkte, Grenzzyklen, Tori; im Chaos-Fall: seltsame Attraktoren                               |
| stochastisches Verhalten | Weiβes Rauschen, aufgrund exogener Störungen, für den gesamten Parameterbereich | systemimmanent, nur für bestimmte Parameterwerte                                                                        |
| Reaktion auf Störungen   | Anpassung an ein neues Gleichgewicht                                            | Wiederaufnahme des früheren Verhaltens nach einer Übergangsphase                                                        |

Sobald beides in einer bestimmten Weise zusammenkommt, läßt sich über das allgemeine Systemverhalten nur noch wenig aussagen:

Aus den Naturwissenschaften ist bekannt, daß Chaos nur in dissipativen Systemen<sup>9</sup> auftritt. Als dissipativ werden offene Systeme bezeichnet, die in irgendeiner Form „Reibung“ ausgesetzt sind und „Energie“ verlieren. Nur ein ständiger Energienachschnitt aus ihrer Umgebung hindert sie daran, zum Stillstand zu kommen.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Vgl. z.B. Eckmann, Ruelle (1985).

<sup>10</sup> Dieses Phänomen ist nicht selten Gegenstand von Mißverständnissen. Sowohl in konservativen als auch in dissipativen Systemen gibt es Einflüsse von außen. In einem dissipativen System sind sie die Regel. Ohne sie käme es zum Stillstand. Sie lassen sich vielleicht am ehesten mit „Anregungen“ bezeichnen. In konservativen Systemen sind Einflüsse von außen die Ausnahme, etwas Nichtvorhergesehenes. Das läßt sich vielleicht am besten als „Schock“ oder „Störung“ begreifen. Auch dissipative Systeme können Schocks oder Störungen erfahren – zusätzlich zu den Anregungen, die sie unentwegt und vorhersehbar von außen erhalten. Der Unterschied wird sichtbar, sobald einmal keine Störungen auftreten: Ein dissipatives, offenes System, erhält dann immer noch Impulse von außen, ein konservatives weist keine Außenverbindung mehr auf und ist – ob es nun in einem Punktgleich-

In derartigen Systemen sind grundsätzlich gegenläufige Effekte am Wirken. Auf der einen Seite sind sie Einflüssen unterworfen, die sie vorantreiben, und auf der anderen Seite sind sie dämpfenden Faktoren ausgesetzt. Das ist mit „Strecken und Falten“ gemeint. Ein Beispiel für derartige Gegenläufigkeiten, das wegen seiner Anschaulichkeit immer wieder herangezogen wird, auch wenn es sich dabei im Grundsatz um ein konservatives Modell handelt, ist die Vorstellung vom Räuber-Beute-Verhalten in der Natur:<sup>11</sup>

Sieht sich demnach eine kleine Population von Raubtieren genügend Beute gegenüber, sind ihrem Wachstum zunächst keine Grenzen gesetzt. Irgendwann einmal kommt aber der Punkt, an dem nicht mehr genug Nahrung für alle vorhanden ist, weil die Population der Beutetiere mit zunehmender Zahl der Räuber sinkt. Als Folge davon gibt es allmählich auch weniger Räuber. Das wiederum bedeutet für die Beutetiere eine Chance, sich stärker zu vermehren, sind sie doch nun zunehmend weniger Feinden ausgesetzt. Mehr Beutetiere heißt allerdings auch wieder mehr Nahrung für die Räuber und der Kreislauf kann von vorn beginnen. Die Entwicklung wird hier durch das Zusammenspiel zweier Zyklen, der Räuber- und der Beutepopulation, bestimmt. Je nach Art dieses Zusammenspiels und dem Verhältnis der Periodenlänge beider Zyklen zueinander kommt es dabei zu stetigen oder periodischen Verläufen.

Ein wichtiges Merkmal, das dissipative Systeme von konservativen unterscheidet, ist ihre Reaktion auf Störungen von außen: Während ein konservatives System darauf in aller Regel mit Anpassung an ein neues Gleichgewicht reagiert, das sich von dem vorherigen unterscheidet, nimmt ein dissipatives nach einer Übergangsphase sein früheres Verhalten wieder auf und nichts deutet dann mehr darauf hin, daß es überhaupt eine Störung gegeben hat.<sup>12</sup>

---

gewicht, einer periodischen oder anderweitigen Bewegung endet – in gewissem Sinne sich selbst genug. Die Rolle, die die Dissipation für das Auftreten chaotischer Effekte spielt, wird in der Literatur durchaus nicht eindeutig bewertet. Vgl. dazu etwa die zugrundeliegenden Definitionen für Chaos in den Ausführungen in *Grebogi et al. (1987)* und in *Gutzwiller (1990)*.

<sup>11</sup> Siehe auch *Stewart (1989)*, S. 265ff.

<sup>12</sup> Vgl. beispielsweise *Nicolis, Prigogine (1987)*, S. 35.

## II. Dissipation und Interaktion auf den Devisenmärkten

Ein Ansatz, der sich zum Ziel setzt, chaotische Wechselkursverläufe zu erklären, hat zumindest zwei Fragen zu beantworten: Erstens, welches ist die „Energie“, die das System am Laufen hält, und zweitens, wodurch kommt es zu „Reibungsverlusten“ und wie entsteht hier das „Strecken und Falten“, das ins Chaos führt?

Das Geschehen auf den Devisenmärkten ist in hohem Maße informationsabhängig. Die Jagd nach Informationen ist der „Motor“, der die Märkte in Bewegung hält. Ständig gilt es, neue Ereignisse, Gerüchte oder Eindrücke zu verarbeiten. Diese werden im Zusammenspiel der Reaktionen in entsprechende Preissignale umgewandelt und sind die Energie, die das System vorantreibt. Diese Energie ist aber nicht unerschöpflich. Sie „verbraucht“ sich auch. „Reibungsverluste“ stellen sich ein, wenn eine Nachricht sich verbreitet und von immer mehr Marktteilnehmern aufgegriffen wird. Sind dann die entsprechenden Preisankündigungen abgeschlossen, enthält sie keinen Informationswert und keinen Anreiz mehr zu handeln, und wäre da nicht bereits eine neue Entwicklung oder ein neuer Aspekt, der die Erwartungen nährt, würde der Markt sehr schnell austrocknen.

Das Verständnis von Information als der treibenden Kraft eines dissipativen Systems ist nicht zu verwechseln mit herkömmlichen Ansätzen zur Erklärung von Wechselkursschwankungen, in denen Erwartungen über neue Entwicklungen ebenfalls eine zentrale Rolle spielen. Während neue Erkenntnisse dort als Störungen eines anderenfalls gleichgewichtigen Währungsverlaufs angesehen werden, die unregelmäßig und unvorhersehbar sind und nur vereinzelt auftreten, werden sie hier als Teil des zu erklärenden Geschehens aufgefaßt, als ein ständiger Strom von Impulsen, ohne den der Markt nicht lebensfähig wäre.

Die Informationsbeschaffung und -verarbeitung der Marktteilnehmer erfolgt nicht einheitlich. Je nach Art der Aktivitäten, der Flexibilität der Akteure, ihrem Zeithorizont und dem Marktsegment, in dem sie handeln, gibt es erhebliche Unterschiede.<sup>13</sup> Der gebräuchlichste ist der zwischen Fundamentalisten und Chartisten. Fundamentalisten versuchen, die wesentlichen ökonomischen und außerökonomischen Bestimmungsfaktoren der Wechselkursentwicklung zu erfassen und aus deren Veränderungen auf den zukünftigen Kursverlauf zu schließen. Sie stellen die eigentliche Verbindung zur Außenwelt dar. Indem sie neue Informationen aus Wirt-

---

<sup>13</sup> Vgl. etwa *Allen, Taylor (1990), Reszat (1991)*.

schaft, Politik und anderen Bereichen aufgreifen und in Kurserwartungen umsetzen, geben sie dem Markt ständig neue Impulse. Dabei sind ihre Verhaltensweisen durchaus verschieden: Während sich beispielsweise einige von ihnen stärker von kurzfristigen Einflüssen wie Zinssignalen oder Börsennachrichten leiten lassen, haben andere eher längerfristige Entwicklungen wie die von Preisen, Konjunktur und Leistungsbilanzen im Auge.

Chartisten dagegen sehen in den Kursen selbst die Hauptquelle für Informationen. Sie reagieren damit weitaus weniger direkt auf Außeneinflüsse. Chart- oder allgemeine Technische Analysen waren ursprünglich vor allem an den Warenterminbörsen gebräuchlich und gewannen erst mit Einführung von Finanzterminen an jenen Börsen auch unter Devisenhändlern zunehmend Anhänger. Mit ihnen wird im wesentlichen in vergangenen Kursbewegungen nach vermeintlich oder tatsächlich immer wiederkehrenden Mustern gesucht, auf die sich eine Prognose zukünftiger Entwicklungen gründen läßt. Dabei ist auch hier die Vorgehensweise keinesfalls einheitlich. Einige der Akteure etwa sind sehr kurzfristig orientiert und zielen darauf ab, noch von kleinsten Bewegungen der Kurse zu profitieren. Andere wiederum orientieren sich eher an längerfristigen Verläufen oder versuchen gar, einem Kurstrend auf die Spur zu kommen.

Chart- und Fundamentalanalysen produzieren fortlaufend Signale, die die Marktteilnehmer zum Handeln veranlassen.<sup>14</sup> Diese Signale treten mit unterschiedlicher Regelmäßigkeit auf. Ein einfaches Beispiel dafür sind Wirtschaftsdaten. Während Nachrichten über Börsenentwicklungen in aller Welt nahezu ununterbrochen rund um die Uhr entstehen, tagt etwa der Zentralbankrat der Deutschen Bundesbank jeden zweiten Donnerstag, so daß nur vierzehntägig Zeichen aus dieser Richtung zu erwarten sind, und die meisten Grunddaten der Wirtschaftsentwicklung werden in der Regel nur monatlich oder vierteljährlich veröffentlicht.

In den Reaktionen der Marktteilnehmer auf „Muster“ in Zeitreihen und auf mehr oder weniger gleichmäßig auftretende Signale unterschiedlicher Intensität und Häufigkeit liegt ein Schlüssel für das Zustandekommen chaotischer Entwicklungen. Jede Information, die eine Revision der Erwartungen bewirkt und Währungsgeschäfte nach sich zieht, hat Ein-

---

<sup>14</sup> Diese Signale lassen sich als „Anregungen“ im Sinne der in Anmerkung 10 getroffenen Unterscheidung verstehen. Als Gegenbeispiel eines „Schocks“, der diesen regelmäßigen Informationsfluß stören könnte, ließe sich vielleicht ein Ereignis wie die Ölkrise 1973/74, der Ausbruch eines Krieges oder eine Naturkatastrophe mit weitreichenden weltwirtschaftlichen Folgen sehen.

fluß auf den Wechselkurs. Jede Wechselkursänderung wiederum geht, wenn auch in unterschiedlicher Weise, erneut in die Erwartungen ein. Die Aktionen von Marktteilnehmern mit unterschiedlichen Informationen überlappen sich und beeinflussen sich wechselseitig in ihren Kurswirkungen: Mal verstärken sie einander, mal schwächen sie einander ab, und erzeugen so, je nach Art ihres Zusammentreffens, jenes „Strecken und Falten“, das auch in den Bewegungen entlang eines seltsamen Attraktors zu finden ist. Ob ihre Interaktion zu Chaos in den Kursen führt, hängt dann von den Ausgangsbedingungen und Parameterwerten im einzelnen ab. Grundsätzlich ist damit aber der Nährboden für derartige Entwicklungen bereitet.

Dabei kann nicht genug betont werden, daß es in diesem Fall keines Schocks und keiner Störung von außen wie eines Ölpreisschubs oder einer Naturkatastrophe bedarf, damit die Kurse schwanken. Die schlichte Beobachtung und Aufbereitung regelmäßiger, völlig unscheinbarer Informationen und sukzessiver kleinster Kursänderungen reicht aus, um im Zusammenspiel der Reaktionen selbst sehr große Ausschläge zu bewirken.

### III. Die Märkte als dynamisches System

Um zu zeigen, wodurch chaotische Verläufe entstehen können, reicht es aber nicht aus, die Informationsseite zu betrachten. Der Wechselkurs ist letztlich das Ergebnis von Angebot und Nachfrage auf den Märkten. Daher gilt es, eine Verbindung von den Informationsflüssen zu den Marktaktivitäten selbst herzustellen.

Ein solches Unterfangen scheitert leicht an der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes. Jede Information, die Reaktionen nach sich zieht und eine Wechselkursänderung bewirkt, beeinflußt darüber die Erwartungen aller Akteure, die darauf wieder – und wieder in verschiedenster Weise – reagieren und damit unter Umständen erneut Wellen unterschiedlicher Reaktionen auslösen, und so fort.

Für eine Analyse komplexer Zusammenhänge, die wie in diesem Fall von Nichtlinearitäten, unterschiedlichen Reaktionszeiten und Rückkopplungen geprägt sind, haben sich System-Dynamics-Ansätze bewährt.<sup>15</sup> Kern einer solchen Betrachtung sind die Zustandsgrößen oder Bestände (Levels) eines dynamischen Systems und die dazugehörigen Veränderungsraten (Flows). Jeder Bestand ist das Ergebnis kumulierter bisheriger

---

<sup>15</sup> Eine allgemeine Einführung in die System-Dynamics-Analyse gibt beispielsweise Niemeyer (1977), S. 217ff.

ger Zu- und Abgänge. Jene werden durch die Zustände (States) im System erklärt.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über Bestände und Veränderungen in einem einfachen Modell eines dissipativen Devisenmarktes. Hier wird von drei Arten von Akteuren, Nichtbanken, Geschäftsbanken und Zentralbanken, ausgegangen. Jede dieser Gruppen handelt mit Devisen. Ihre Fremdwährungspositionen sind die Bestände des Systems.

Ferner wird unterstellt, daß Devisen aus verschiedenen Gründen gehalten werden. Nichtbanken beispielsweise gehen (positive oder negative) Fremdwährungspositionen im Zuge internationaler Handelsgeschäfte ein, wenn sie Portfolioinvestitionen im jeweiligen Ausland tätigen oder Outright-Termingeschäfte durchführen. Von letzteren wird angenommen, daß sie rein spekulativer Natur sind: Die Akteure hoffen, nach Ablauf der für das Geschäft vereinbarten Frist aus der Differenz zwischen dem zugrundegelegten Terminkurs und dem dann gültigen Kassakurs einen Gewinn zu erzielen. Besonders attraktiv sind Outright-Termingeschäfte dadurch, daß hierfür nur in dem Fall liquide Mittel benötigt werden, daß die Kursdifferenz bei Fälligkeit zu einem Verlust führt, den es zu begleichen gilt. Diese Geschäfte haben damit nicht nur eine erhebliche Hebelwirkung, sondern unterliegen im Grundsatz keiner oder keiner nennenswerten Budgetbeschränkung.

Banken halten aus anderen Gründen offene Fremdwährungspositionen. Hier wird davon ausgegangen, daß sie neben der Abwicklung von Nichtbankentransaktionen reine Arbitrage betreiben. Darunter wird der An- oder Verkauf von Kassadevisen zur Ausnutzung kleiner Preisschwankungen im Tagesverlauf oder von Tag zu Tag verstanden, wobei die einzelnen Positionen oft nur wenige Stunden oder sogar Minuten gehalten werden. Bankenarbitrage macht in der Realität einen Großteil der Aktivitäten auf den Märkten aus. Auch für diese Art von Transaktionen ist anzumerken, daß sie aufgrund bestehender Marktusancen im Grundsatz keiner liquiden Mittel bedürfen, ihr Einsatz also keiner Budgetrestriktion unterliegt.

Eine Möglichkeit, die in diesem Zusammenhang zusätzlich zu erwähnen ist, ist die revolvierender Geschäfte. Soll oder kann eine Kassaposition einer Bank oder eine Terminposition einer Nichtbank aus einem Outright-Geschäft bei Fälligkeit nicht geschlossen werden, so läßt sie sich mit Hilfe eines Swaps, d.h. eines Tauschs zweier Währungen auf Zeit<sup>16</sup>, prolongieren. Das hat zwei Seiten: Auf der einen erhöht es die

---

<sup>16</sup> Vgl. zu den technischen Einzelheiten derartiger Geschäfte beispielsweise Lipfert (1981), Reszat (1991).

**Tabelle 2: Bestände und Bestandsveränderungen in einem dissipativen Devisenmarkt**

| Akteure       | Fremdwährungsbestände aus | Zustände                   | Informationsflüsse                                   | Fremdwährungsflüsse                    |
|---------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Nichtbanken   | Außenhandel               | Risiko/Ertrag (begrenzt)   | Langfristige Fundamental-faktoren ( $F^L$ )          | Zahlungen, Leading/Lagging             |
|               | Portfolioinvestitionen    | Risiko/Ertrag (begrenzt)   | Kurzfristige Fundamental-faktoren ( $F^S$ )          | Zinsarbitrage                          |
|               | Outright-Geschäfte        | Risiko/Ertrag (unbegrenzt) | Langfristige Technische Faktoren ( $C^L$ )           | Termin-, Futures- und Optionsgeschäfte |
| Banken        | Arbitrage                 | Risiko/Ertrag (unbegrenzt) | Kurzfristige Technische Faktoren ( $C^S$ )           | Kassa- und Swap-geschäfte              |
| Zentralbanken | Währungsreserven          | instrumentell (begrenzt)   | Indikatoren für Kurs-schwankungen, Zielab-weichungen | Kassainterventionen                    |

Flexibilität der Akteure ganz beträchtlich. Auf der anderen vergrößert es den Teil der Marktaktivitäten, der nicht in Relation zu internationalen Handels- und Kapitalströmen, in denen herkömmlicherweise die Bestimmungsfaktoren für Kursänderungen gesehen werden, steht – ein Umstand, der von Analysten und Währungspolitikern gleichermaßen beklagt wird, erschwert er doch die Einschätzung des Marktgeschehens erheblich.

Ein letzter Grund dafür, offene Positionen in Fremdwährung zu halten, liegt bei den Zentralbanken. Kommt es zu einem Überschussangebot oder einer Überschünnachfrage nach Devisen, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder die Zentralbanken greifen ein und intervenieren. Dann erhöhen oder verringern sich ihre Reservebestände. Oder der Wechselkurs ändert sich.

Ob die Akteure mit der Höhe und Zusammensetzung ihrer Fremdwährungspositionen zufrieden sind oder Veränderungen daran vornehmen möchten, richtet sich nach dem Zustand, in dem sich jene ihrer Einschätzung nach befinden. Für Banken und Nichtbanken wird unterstellt, daß sie sich dabei von Risiko- und Ertragsüberlegungen leiten lassen, ähnlich denen, die etwa aus der traditionellen Postfoliotheorie geläufig sind.

Für Zentralbanken dagegen ist von anderen Bewertungskriterien auszugehen, da sie ihre Devisenbestände als Politikinstrument einsetzen.

Neue Informationen können auch hier eine Veränderung der Einschätzungen und Bestände und damit Wechselkursänderungen hervorrufen. In der Tabelle wird dafür von sehr einfachen Zusammenhängen ausgegangen. Dort wird angenommen, daß es für private Banken und Nichtbanken nur vier Arten der Informationsbeschaffung und -verarbeitung gibt, kurz- und längerfristige Fundamentalanalysen und kurz- und längerfristige Technische Analysen. Zentralbanken wird dagegen unterstellt, daß sie sich an währungspolitischen Indikatoren wie etwa einem Maß für die Volatilität der Kurse oder den Abweichungen von einem vorgegebenen Zielwert orientieren. Banken und Nichtbanken verwenden je nach Art der Geschäfte unterschiedliche Informationen:

Nichtbanken beispielsweise, die Außenhandel treiben, sind kaum flexibel in ihren Entscheidungen. Sie können Zahlungen leisten oder empfangen und haben in begrenztem Umfang die Möglichkeit, Leading und Lagging zu betreiben, also Zahlungen vorzuziehen oder hinauszuschieben, wenn ihnen ihre Einschätzung der Zukunft das nahelegt. Sie verfügen aber nicht über direkten Marktzugang und gehen insgesamt von einem längeren Zeithorizont aus. Daher wird unterstellt, daß sie sich hauptsächlich an längerfristigen Fundamentalfaktoren orientieren.

Ähnlich stellt sich die Situation für Nichtbanken dar, die Portfolio-investitionen tätigen. Auch hier sind die Möglichkeiten begrenzt – sie haben zum Beispiel ebenfalls keinen direkten Marktzugang, die Konditionen sind beschränkt und Laufzeiten nur begrenzt verfügbar. Die Akteure konzentrieren sich darauf, internationale Zinsdifferenzen unter Einbeziehung erwarteter Wechselkursänderungen auszunutzen. Sie vergleichen den zu erwartenden Ertrag einer inländischen Anlageform mit dem entsprechenden ausländischen bei gleichem Risiko. Die Informationen, die sie dabei zugrundelegen, sind im wesentlichen das Ergebnis von Analysen kurzfristiger „Fundamentals“ wie Zinsen oder Börsendaten.

Nichtbanken, die Outright-Termingeschäfte tätigen, verhalten sich völlig anders. Da diese Geschäfte hier nur in spekulativer Absicht getätigt werden, auf der einen Seite also jederzeit unterbleiben können und auf der anderen besonders risikobehaftet sind, wird angenommen, daß die Akteure dafür durchaus gewillt sind, besondere Informationsanstrennungen zu unternehmen. Sie gründen ihre Entscheidungen auf Technische Analysen, die gerade im Termingeschäft eine lange Tradition haben. Ihnen fehlt aber der direkte Marktzugang, so daß sie sich darauf beschränken, nach längerfristigen Zusammenhängen oder Mustern in der Kursentwicklung zu suchen.

Für Banken, die Kassa-Arbitrage betreiben, ergibt sich ein gänzlich anderes Bild. Sie handeln direkt am Markt und sind so in der Lage, noch aus kleinsten Kursänderungen im Tagesverlauf oder von Tag zu Tag Gewinne zu erzielen. Sie treffen ihre Entscheidungen sehr viel schneller als sich Fundamental faktoren überhaupt ändern. Daher wird angenommen, daß ihre Aktivitäten auf kurzfristigen Technischen Analysen beruhen.

In diesem Szenario kann die Interaktion aller Beteiligten die Wechselkurse leicht chaotisch werden lassen. Die Energie, die das System am Laufen hält, ist die aus den verschiedenen Quellen stammende Information. Sie führt zu Reaktionen unterschiedlichster Art und Stärke und kann über die damit einhergehenden Rückkopplungen regelrechte „Reaktionszyklen“ auslösen, die ineinander greifen und in ihrem Zusammenspiel die Kurse nicht zur Ruhe kommen lassen. Dadurch, daß das System immer neue Impulse von außen erhält, deren Wirkungen sich in seinem Innern nicht kompensieren, stellt sich in diesem Fall kein Gleichgewicht ein.

#### IV. Eine grafische Darstellung

Abbildung 1 gibt einen grafischen Überblick über die in Tabelle 2 beschriebenen Zusammenhänge, wobei verschiedene System-Dynamics-Symbole verwendet werden. Ein Rechteck gibt an, daß es sich hierbei um einen Währungsbestand handelt. Zu jedem Bestand gibt es Zu- und Abgänge, die immer dann entstehen, wenn die Akteure, durch neue Informationen zum Handeln veranlaßt, offene Plus- oder Minuspositionen in Fremdwährung begründen oder schließen. Kreise bezeichnen die jeweiligen Informationsflüsse, wobei  $F^L$  und  $F^S$  für die Ergebnisse kurz- und langfristiger Fundamentalanalysen stehen – also etwa für die erwarteten Wechselkursänderungen aufgrund wirtschaftlicher Daten wie Wirtschaftswachstum, Preisen, Leistungsbilanzen, Zinsen und Börsenkursen – und  $C^L$  und  $C^S$  für die entsprechende Chart- oder Technische Analysen.

In den Ellipsen sind die jeweiligen Handlungsweisen angedeutet, die zu Bestandsänderungen führen. Pfeile zeigen die Wirkungsrichtungen an, wobei die durchgezogenen Linien Devisenströme darstellen, unterbrochene Linien dagegen die Einflüsse von Informationsströmen und Handlungsmotiven. Die wolkenähnlichen Gebilde, in die einige Pfeile münden und aus denen andere herauskommen, stellen sogenannte Quellen und Senken dar. Sie bilden die Grenzen des Systems zur Umwelt. Aus den Quellen kommen die Informations- und Ressourcenströme, in den Senken verschwinden sie wieder.

Wie aus der Abbildung ersichtlich wird, ist der Devisenmarkt im wesentlichen ein Interbankenmarkt. Jede Nichtbank oder Zentralbank, die aufgrund neuer Informationen eine Veränderung ihrer Fremdwährungsbestände vornehmen möchte, benötigt dazu als Vermittler eine Bank. Mit den offenen Positionen, die so entstehen, gehen dabei jeweils unmittelbar Wechselkurseffekte einher, weil die Banken nur bereit sind, das daraus resultierende Überschüßangebot (die Überschüßnachfrage) zu einem niedrigeren (höheren) Kurs aufzunehmen. Jener Überschuß ist aber nur vorübergehend, denn von den Banken wird angenommen, daß sie die so entstandenen Positionen sofort durch ein Gegengeschäft wieder schließen, um nicht unbeabsichtigt länger als nötig im Währungsrisiko zu sein.

Jede offene Position in Fremdwährung ist – gleichgültig, ob Forderung oder Verbindlichkeit – in diesem Schema ein Bestand. Dementsprechend stellt ein Zugang jeweils die Begründung einer (Plus- oder Minus-)Position, ein Abgang dagegen ihre Schließung dar. So eröffnet beispielsweise

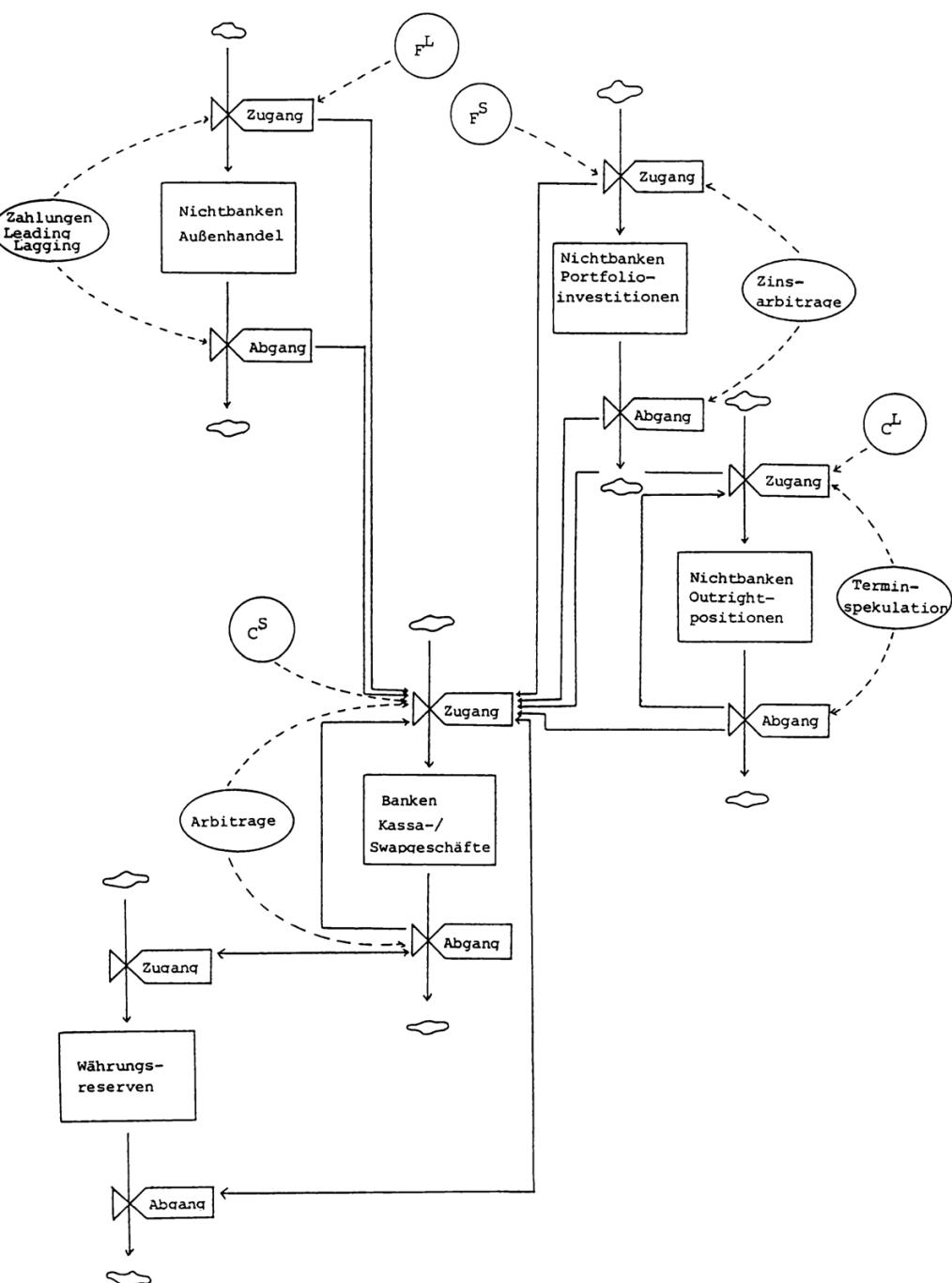


Abb. 1: Der Devisenmarkt als dissipatives System

ein Investor, der für eine Auslandsanlage Fremdwährung benötigt, eine entsprechende Plusposition bei einer Bank. Nach Ablauf der Anlagefrist tauscht er den erhaltenen Betrag bei der Bank wieder in eigene Währung um, setzt also seiner eigenen Plusposition eine entsprechende Minusposition entgegen, wodurch sich sein Fremdwährungsbestand verringert, weil er die erste Position mit der zweiten wieder schließt. Für die Bank bedeuten beide Geschäfte die Eröffnung einer Position, und sie reagiert darauf jeweils sofort mit einem Gegengeschäft, wobei sie dem Investor einen der zusätzlichen Nachfrage bzw. dem zusätzlichen Angebot an Devisen angemessenen Wechselkurs in Rechnung stellt.

Auf eine Besonderheit ist noch hinzuweisen: Die Pfeile, die bei den Outright-Positionen der Nichtbanken und den Beständen der Banken von der Schließung einer Position direkt zurück zu ihrer Eröffnung weisen, deuten auf die Möglichkeit der Revolvierung hin, die bei beiden Arten von Geschäften besteht. Wie erwähnt, trägt sie zu einer Ausdehnung der Märkte bei und dazu, daß sich das Währungsgeschehen von dem entfernt, was allgemein als Fundamentaleinflüsse bezeichnet wird. In dem hier skizzierten Beispiel wird dieser Effekt noch dadurch verstärkt, daß beide Arten von Geschäften auf den Ergebnissen Technischer Analysen beruhen. Das verringert die Aussicht, daß sich die Kurse an einem durch Güter- und Kapitalströme bestimmten Pfad orientieren, weiter.

## V. Schlußfolgerungen

Die beschriebenen Zusammenhänge zeichnen nur ein höchst vereinfachtes Bild eines dissipativen Devisenmarktes, der in der Lage ist, Chaos zu erzeugen. Hier ging es zunächst nur darum, die Institutionen, Entscheidungsregeln und Verhaltensweisen, die an einem solchen Prozeß beteiligt sind, zu skizzieren. Wie gezeigt wurde, bedarf es dazu nicht besonders zahlreicher Akteure und auch die einzelnen Wirkungsstränge müssen nicht kompliziert sein. Worauf es ankommt, ist das Zusammenspiel verschiedener Marktteilnehmer, die ihre Entscheidungen aufgrund von Signalen treffen, die mit unterschiedlicher Häufigkeit auftreten. In der Art, wie ihre Reaktionen aufeinandertreffen, liegt die Antwort darauf, ob das Währungsgeschehen in irgendeiner Weise gleichmäßig oder chaotisch verläuft. Die Bedingungen dafür im einzelnen zu charakterisieren und auf ihren empirischen Gehalt zu prüfen, wird Aufgabe zukünftiger Forschungen sein.

## Literatur

- Allen, H./Taylor, M. P. (1990): Charts, Noise and Fundamentals in the London Foreign Exchange Market, in: Economic Journal, Vol. 100, No. 400, Supplement, S. 49 - 59. - Brock, W. A./Hsieh, D. A./LeBaron, B. (1991): Nonlinear Dynamics, Chaos, and Instability: Statistical Theory and Empirical Evidence, Cambridge, MA. - Curcio, R./Goodhart, C. (1991): Chartism: A Controlled Experiment, LSE Financial Markets Group Discussion Paper No. 124. - De Grauwe, P./Vansanten, K. (1990): Deterministic Chaos in the Foreign Exchange Market, CEPR Discussion Paper No. 370. - De Grauwe, P./Dewachter, H. (1992): Chaos in the Dornbusch Model of the Exchange Rate, in: Kredit und Kapital, Heft 1, S. 26 - 54. - De Grauwe, P./Dewachter, H./Embrecht, M. (1993): Exchange Rate Theory, Oxford. - Devaney, R. L. (1989): An Introduction to Chaotic Dynamical Systems, Redwood City. - Eckmann, J.-P./Ruelle, D. (1985): Ergodic Theory of Chaos and Strange Attractors, in: Reviews of Modern Physics, Vol. 57, wiederaufgedruckt in: *Bai-Lin, H.: Chaos II*, Singapur 1990, S. 373 - 412. - Frankel, J. A./Froot, K. A. (1991): Chartists, Fundamentalists and the Demand for Dollars, NBER Reprint No. 1655, Oktober. - Goodhart, C. (1988): The Foreign Exchange Market: A Random Walk with a Dragging Anchor, in: *Economica*, Vol. 55, November, S. 437 - 480. - Grebogi, C./Ott, E./Yorke, J. A. (1987): Chaos, Strange Attractors, and Fractal Basin Boundaries in Nonlinear Dynamics, in: *Science*, Vol. 238, S. 632 - 638. - Gutzwiller, M. C. (1990): Chaos in Classical and Quantum Mechanics, New York. - Kräger, H./Kugler, P. (1993): Non-linearities in Foreign Exchange Markets: A Different Perspective, in: *Journal of International Money and Finance*, Vol. 12, S. 195 - 208. - Kugler, P./Lenz, C. (1990): Sind Wechselkursfluktuationen zufällig oder chaotisch?, in: *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, No. 2, S. 113 - 128. - Lipfert, H. (1981): Devisenhandel, Frankfurt. - Nicolis, G./Prigogine, I. (1987): Die Erforschung des Komplexen, München. - Niemeyer, G. (1977): Kybernetische System- und Modelltheorie, München. - Peters, E. (1991): Chaos and Order in the Capital Markets, New York. - Reszat, B. (1991): Währungsmanagement von Unternehmen, Stuttgart. - Reszat, B. (1993a): Chaos in den Wechselkursen, in: *WiST*, Heft 3, März, S. 146 - 149. - Reszat, B. (1993b): Cycles, Chaos and Exchange Rates, erscheint in: *Pennsylvania Economic Review*. - Sommer, M. (1981): System Dynamics und Makroökonomie, Bern. - Stewart, I. (1989): Does God Play Dice?, London. - Vassilicos, J. C./Demos, A./Tata, F. (1992): No Evidence of Chaos But Some Evidence of Multifractals in the Foreign Exchange and the Stock Markets, LSE Financial Markets Group Discussion Paper No. 143. - Wolstenholme, E. F. (1990): System Enquiry, Chichester.*

## Zusammenfassung

### Zur Systemdynamik chaotischer Devisenmärkte

Bisherige Studien zu Chaos als Ursache nichtlinearer Wechselkursbewegungen konzentrieren sich zumeist auf den empirischen Aspekt und vernachlässigen die Frage, wie es dazu kommen kann und wodurch sich dieses Phänomen erklären lässt. Auf der Suche nach einer derartigen Erklärung wird in dem vorliegenden

Aufsatz der Devisenmarkt als offenes, dissipatives System verstanden und nicht wie in traditionellen Modellen als geschlossenes, konservatives. Die Analyse, für die aufgrund der Komplexität der unterstellten Zusammenhänge ein systemtheoretischer Ansatz gewählt wird, geht von verschiedenen Gruppen von Marktteilnehmern aus. Banken, Nichtbanken und Zentralbanken treten in unterschiedlicher Weise, mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Arten von Transaktionen auf den Märkten in Erscheinung. Doch nicht nur ihr Verhalten, auch die Art der Informationsbeschaffung und -verarbeitung ist unterschiedlich. Erwartungen werden gebildet, indem je nach Transaktionen und Zeithorizont unterschiedliche Informationen aus Fundamental- und Chartanalysen herangezogen werden. Die Reaktionen, die daraus resultieren, beeinflussen in der einen oder anderen Form das Verhalten aller Akteure und haben so auch wieder Rückwirkungen auf die eigenen Entscheidungen. Davon, wie sich das Zusammenspiel der Akteure dann im einzelnen gestaltet und wie ihre Reaktionen aufeinandertreffen, hängt es ab, ob das Währungsgeschehen chaotisch verläuft.

## Summary

### System Dynamics of Chaotic Foreign-Exchange Markets

Studies on chaos as a reason for non-linear foreign-exchange rate movements have hitherto focused on empirical aspects, for the most part, neglecting the question as to why chaos has come about and how this phenomenon can be explained. In search for a plausible explanation, the present paper understands the foreign-exchange market to be an open and dissipative system as distinct from a closed conservative one as assumed under traditional models. The analysis for which a system-theoretical approach has been adopted because of the complexity of the assumed interrelationships is based on different groups of market participants. Banks, non-banks and central banks operate on the market in different ways in pursuit of different objectives and through different types of transaction. However, differences exist not only in respect of market participants' behaviour, but also in respect of the manner in which they collect and process information. Expectations are formed on the basis of different information based on fundamental analyses and on chart analyses depending on the type of transaction and the time horizon. The resultant reactions influence, in some form or other, the modes of behaviour of all market participants and have thus implications for their own decision-making. The answer to the question as to how market participants interact and how their reactions fit together depends on whether foreign-exchange markets are in a state of chaos or not.

## Résumé

### La dynamique des marchés des changes chaotiques

Les études faites jusqu'à présent sur le chaos considéré comme la cause des mouvements non-linéaires des taux de change se concentrent le plus souvent sur l'aspect empirique et négligent la question de savoir d'où il peut provenir et comment

expliquer ce phénomène. Dans cet article, l'auteur cherche une explication à ce phénomène, le marché des changes est considéré comme un système ouvert et dissipateur et non, comme dans les modèles traditionnels, comme un système fermé et conservateur. L'analyse, pour laquelle on a choisi un système de base théorique à cause de la complexité des rapports, par de l'existence de différents groupes d'usagers du marché. Des banques, des établissements non-bancaires et des banques centrales apparaissent de manière différente, ont des objectifs différent et réalisent différentes sortes de transactions sur les marchés. Cependant, non seulement leur comportement diffère, mais aussi la façon dont ils obtiennent et traitent les informations. Des attentes se forment, tandis que l'on fait appel, selon les transactions et l'horizon de temps, à différentes informations provenant d'analyses fondamentales et de tableaux. Les réactions qui en résultent influencent d'une façon ou d'une autre le comportement de tous les acteurs et ont à leur tour des effets sur les décisions propres. Les marchés des changes seront chaotiques ou non en fonction de la manière dont leur comportement et de leurs réactions réciproques.