

1

Einführung

Der Verfahreningenieur, der Chemieingenieur und der technische Chemiker haben es in der Regel mit der technischen Realisierung von Verfahren zu tun, bei denen chemische (oder mikrobiologische) Stoffumwandlungen mit dem Stoff-, Wärme- und Impulsaustausch gekoppelt sind und sich daher im Kleinen (Labor- oder Technikumsmaßstab) anders verhalten als im Großen (Betriebsmaßstab). Diese Vorgänge sind *maßstabsabhängig*. Heterogene Reaktionen sowie die meisten Grundoperationen wie Mischen und Rühren, Sieben und Sichten, Filtrieren und Zentrifugieren, Zerkleinern, Trocknungs- und Brennvorgänge in verschiedensten Ofentypen – um nur einige wenige Beispiele zu nennen – gehören dazu. Es ist deshalb seit jeher ein verständliches Anliegen des technischen Chemikers und des Verfahreningenieurs, zu wissen, wie man solche Vorgänge *im Modell* nachzuahmen hat, um Aufschluß über die Auslegung und Dimensionierung einer neu zu errichtenden technischen Anlage zu bekommen. Gelegentlich stellt sich die gleiche Frage auch anders: Es existiert eine großtechnische Anlage, aber diese funktioniert nicht oder nicht zufriedenstellend, und man möchte deshalb durch entsprechende Modellversuche herausfinden, was die Ursache dafür ist und wie man sie beheben kann.

Gleichgültig, ob es sich nun um eine Maßstabsvergrößerung („scale-up“) oder eine Maßstabsverkleinerung („scale-down“) handelt, die vorzunehmende „Modell- oder Maßstabübertragung“ ist immer mit einer Reihe wichtiger Fragen verbunden:

- Wie klein darf das Modell sein? Ist es ausreichend, mit einem einzigen Modell zu arbeiten, oder müssen Versuche in verschiedenen großen Modellen durchgeführt werden?
- Wann müssen, wann können die stofflichen Parameter variiert werden, wann dürfen die Modellmessungen nur mit dem Original-Stoffsystem durchgeführt werden?
- Nach welchen Gesetzmäßigkeiten werden die Prozeßparameter des Modellversuchs denen der Großausführung angepaßt?
- Ist eine vollständige Ähnlichkeit zwischen den Vorgängen in der Modellapparatur und in der Großausführung überhaupt zu erreichen? Wenn nicht, wie soll vorgegangen werden, und welche Aussagen sind dann zu erreichen?

Diese Fragen betreffen die Modelltheorie, welche auf der Dimensionsanalyse beruht. Obwohl diese Grundlagen seit bald einem Jahrhundert eine Selbstverständlichkeit auf dem Gebiet der Strömungslehre und der Wärmeübertragung sind – kein Schiffs- oder Flugkörper, aber auch kein Wärmeaustauscher wird seit Jahren anders als nach diesen Methoden dimensioniert! – haben sie auf den Gebieten der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik nur in einem bescheidenen Umfang Eingang gefunden. Die Gründe hierfür wurden bereits im Vorwort dargelegt.

Man kann die Bedeutung der dimensionsanalytischen Methoden für die heutige verfahrenstechnische Praxis durch nichts transparenter machen als durch Anwendungsbeispiele. Deshalb wird in diesem Buch der Schwerpunkt auf die ganzheitliche Behandlung von verfahrenstechnischen Fragestellungen mittels der Dimensionsanalyse gelegt.

Von den *mechanischen* Verfahren werden beispielhaft das Rühren in homogenen und in begasten Flüssigkeiten sowie das Mischen von Feststoffen behandelt. Weiter kommen zur Sprache das Zerstäuben von Flüssigkeiten mit Düsen, die Herstellung von flüssig/flüssig Emulsionen in Dispergiermaschinen sowie das Zerkleinern von Feststoffen in Kugelmühlen. Als Besonderheiten werden die Auslegungsunterlagen für Flotationsanlagen für die Abwasserreinigung, für die Gasreinigung (Tropfenabscheidung aus Aerosolen durch Trägheitskräfte) sowie für das Trockenschleudern in Filterzentrifugen vorgestellt.

Von den *thermischen* Verfahrensschritten werden der Stoff- und der Wärmetransport in Rührbehältern und in Blasensäulen behandelt, wobei bei dem Stofftransport im System gasförmig/flüssig ausführlich auf die Berücksichtigung der Koaleszenzphänomene eingegangen wird. Das Problem des gleichzeitigen Stoff- und Wärmetransportes kommt in Verbindung mit der Filmtrocknung zur Sprache.

Aus dem Gebiet der *chemischen* Reaktionstechnik wird die Durchführung von Gasreaktionen im Strömungsrohr sowie im Festbettreaktor (Feststoffkatalyse) besprochen. Eine maximal mögliche Selektivität läßt sich bei konkurrierenden Folgereaktionen zwischen zwei flüssigen Reaktionspartnern nur dann erreichen, wenn im Reaktionsraum die Rückvermischung von Reaktionsprodukten und -partnern vollständig unterbunden wird. Dafür ist der Rohrreaktor mit Düsenmischer am besten geeignet; seine Dimensionierungsunterlagen werden vorgestellt. In letztem Beispiel dieses Kapitels wird der dimensionsanalytische Rahmen abgesteckt, in dem sich die Auswirkung der Stofftransportlimitierung auf die Reaktionsgeschwindigkeit von schnellen Reaktionen im Stoffsystem Gas/Flüssigkeit anschaulich darstellen läßt.

Im vorletzten, kurzen Kapitel wird an einigen Beispielen gezeigt, daß man auch Bewegungsvorgänge in *belebter Natur* im Sinne der Dimensionsanalyse beschreiben und die Geltungsbereiche für die zutreffenden π -Größen angeben kann. Die Vorgänge in der Natur unterliegen ja den gleichen physikalischen Rahmenbedingungen (Einschränkungen) wie die in der Welt der Technik.