

Berechnung von Gleichgewichtskonzentrationen

Methodisch-didaktische Hinweise

In Schulbüchern werden bei der Behandlung von chemischen Gleichgewichten und dem Massenwirkungsgesetz (MWG) zunächst Gleichgewichtsreaktionen eingerichtet und das dazugehörige MWG aufgestellt (Aufgabe 1), bevor auch Berechnungen von Gleichgewichtskonzentrationen behandelt werden.

Bei einfachen Berechnungen werden etwa die Konzentrationen der beteiligten Stoffe im Gleichgewicht angegeben und die Schüler berechnen die Gleichgewichtskonstante K_c (Aufgabe 2, 3) oder sie ermitteln die Gleichgewichtskonzentration eines Stoffes über die angegebene Konstante und die Gleichgewichtskonzentrationen der anderen Reaktionsteilnehmer (Aufgabe 4).

Durch die Berechnung des Reaktionsquotienten Q bei gegebenen Reaktionsbedingungen und durch einen Vergleich mit der Gleichgewichtskonstante K_c kann vorhergesagt werden, ob sich bis zur Einstellung des Gleichgewichts die Konzentrationen der Produkte oder die Konzentrationen der Edukte noch erhöhen werden oder ob sich die Reaktion bereits im Gleichgewicht befindet (Aufgabe 5).

Bei Aufgaben mit einem höheren Schwierigkeitsgrad werden die Gleichgewichtskonstante sowie die Konzentrationen zu Beginn der Reaktion angegeben. Mithilfe der Reaktionsgleichung können nun die Konzentrationen aller beteiligten Stoffe im Gleichgewicht berechnet werden (Aufgaben 6–14). Die Schüler überlegen sich hierbei zunächst, welche Gleichgewichtskonzentrationen überhaupt möglich sind. Dieser Bereich wird Bereich der „sinnvollen Gleichgewichtskonzentrationen“ genannt und in den folgenden Aufgaben verwendet (Aufgaben 6, 8–14), da er bei der Lösung komplexer Aufgaben mit dem grafikfähigen Taschenrechner (GTR) benötigt wird (Aufgaben 12–14). Schwierigkeiten bereitet den Schülern oft die Herleitung der Gleichung, die gelöst werden soll. In der Lösung zur Aufgabe 8 ist deshalb die Ermittlung eines Lösungsansatzes exemplarisch dargestellt.

Die Aufgaben 6–11 führen zu quadratischen Gleichungen. Diese können von den Schülern leicht mithilfe gängiger Lösungsformeln gelöst werden. Die Be-

rechnung kann aber auch mithilfe der Funktionen des GTR durchgeführt werden. Dieser GTR-basierte Lösungsansatz wird in den folgenden komplexen Aufgaben 12–14 ausführlicher erläutert und mit sogenannten „screenshots“ illustriert.

Berechnungen von Gleichgewichtskonzentrationen bei komplexeren Reaktionen sind schwierig, da sie schnell zu gebrochenrationalen Gleichungen höherer Ordnung führen. Der GTR erlaubt jedoch eine schnelle Lösung dieser Probleme. (Auch im Internet findet man Programme zum Lösen gebrochenrationaler Gleichungen. Das Programm (1) (siehe Literaturliste) von Arndt Brünner formt die eingegebene Gleichung in die Standardform um und ermittelt die Nullstellen für Gleichungen vom Grad 2–4. Das Programm (2) ermittelt numerisch die Nullstellen von Polynomen höheren Grades.) Diese Programme bestimmen im Allgemeinen mithilfe des Newton'schen Näherungsverfahrens die Nullstellen der Polynome. Beim GTR Ti-84 Plus muss jedoch ein Startwert und ein zu durchsuchender Bereich eingegeben werden. Als Startwert gibt man einen Wert innerhalb des Bereichs der „sinnvollen Gleichgewichtskonzentrationen“ ein und beim zu durchsuchenden Bereich den gesamten Bereich der „sinnvollen Gleichgewichtskonzentrationen“ (Aufgaben 12–14).

In Aufgabe 8 erfahren die Schüler, dass bei einer Reaktion mit einer einheitenlosen Gleichgewichtskonstante K_c die Berechnung der Gleichgewichtskonstante auch über die Stoffmengen der Edukte und Produkte erfolgen kann. In diesen Fällen erleichtern sich manche Berechnungen (vgl. 1.3.18: Ester – vielfältig einsetzbare Stoffe, Unterrichts-Materialien Chemie, Stark Verlag).