

Vorwort

Physikalische Chemie – warum soll ich mich damit befassen? Und warum braucht es hierzu ein weiteres Lehrbuch? Dieses Vorwort hat den Anspruch, beide Fragen zu beantworten.

Zur ersten Frage. Warum ist Physikalische Chemie wichtig? Worum geht es überhaupt in der Physikalischen Chemie? Wir beantworten die Frage aus der Kopfstandperspektive. Worum geht es *nicht* in der Physikalischen Chemie? Es geht in diesem Fach nicht so sehr darum, viele Einzelfakten auswendig zu lernen (zumindest sollte es das nicht). Das ist im 21. Jahrhundert ohnehin obsolet – findet sich doch unser gesamtes Wissen inzwischen im weltweiten Datennetz hinterlegt. Heute geht es beim Wissen stattdessen vielmehr darum, „zu wissen, wo es steht“, d. h. um die Kompetenz eine Information zu finden und bewerten zu können. Dafür ist das Auswendiglernen von Einzelfakten nicht wichtig, wohl aber ein solides Grundverständnis und ein guter Überblick. Genau darum geht es in der Physikalischen Chemie. Hier blicken wir hinter die Dinge und interessieren uns für das große Ganze. Die Physikalische Chemie fragt beispielsweise nicht so sehr danach, wie wir in einer chemischen Reaktionssequenz einen bestimmten Zielstoff herstellen können, sondern eher danach, *warum* die Reaktionen dieser Sequenz überhaupt so ablaufen, wie sie es tun, und wie lange das dauert. Und sie fragt, warum der uns interessierende Zielstoff die Eigenschaften aufweist, die er hat, warum er also beispielsweise bei Normalbedingungen eine Flüssigkeit und nicht etwa ein Gas ist und warum er farbig ist. All diese sehr fundamentalen Fragen wollen wir dabei stets präzise beantwortet haben, d. h. quantitativ. Beispielsweise wollen wir in der Physikalischen Chemie neben der allgemeinen Information „*der Stoff erscheint blau*“ konkret wissen: „*Welche Lichtwellenlängen absorbiert er genau, und warum tut er das?*“ Mit diesem Fokus ist die Physikalische Chemie zentral für das Verständnis der Chemie und verbrückt diese mit der Physik. Die Physikalische Chemie ist damit eine Schlüsseldisziplin zum Finden von Lösungsansätzen großer fundamentaler Probleme, beispielsweise der größten Krise der Menschheitsgeschichte überhaupt: des menschengemachten Klimawandels. Durch die Physikalische Chemie können wir die Wirkungsprinzipien solcher Probleme verstehen und adressieren. Ziel dieses Lehrbuchs ist es, Ihnen dafür drei große Teilgebiete der Physikalischen Chemie zu vermitteln: Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie.

Bei alldem steht die didaktische Vermittlung der Physikalischen Chemie vor einem Problem, oder sagen wir lieber einer Herausforderung: Sie soll sowohl anschaulich als auch formal und mathematisch korrekt und „sauber“ erfolgen. Beides erscheint oft „orthogonal“ zu sein. Je anschaulicher beispielsweise Quantenmechanik vermittelt wird, desto „unsauberer“ wird sie; sie ist eben *nicht* anschaulich und hat *keine* klassischen Analoga (wie etwa die Vorstellung des Spins als Eigenrotation eines Elementarteilchens). Und je bildhafter Thermodynamik durch Teilchenmodelle erklärt wird, desto mehr wird von deren prinzipiell größter Stärke abgewichen, nämlich

dass sie eben solche Teilchenvorstellungen im Kern gar nicht braucht, sondern bereits ohne Vorstellung vom Aufbau der Materie gültig ist. Dies bringt uns zur zweiten oben genannten Frage: Warum braucht es hierzu ein weiteres Lehrbuch auf dem schon gut bestückten Markt? Die Antwort lautet: Weil es der Anspruch dieses Buchs ist, beide der gerade genannten scheinbar antagonistischen Aspekte zu vereinen und die Physikalische Chemie sowohl anschaulich als auch „fachlich sauber“ zu präsentieren, als wohlausbalancierte Einheit aus Beidem.

Und es gibt noch einen anderen Grund für ein neues Buch: Im 15. Jahrhundert leitete die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch Gutenberg in Mainz die zweite Medienrevolution der Menschheitsgeschichte ein (die erste davor war der Übergang von der Wort- zur Schriftsprache, und danach folgte die dritte Medienrevolution mit dem Aufkommen elektronischer Massenmedien im 20. Jahrhundert). Heute befindet sich die Welt bereits in der vierten Medienrevolution: der Digitalisierung und Vernetzung. An Universitäten wurde jedoch bis vor Kurzem noch (fast) ausschließlich in einer Weise gelehrt, die aus Prä-Gutenberg-Zeiten stammt: als Frontalvorlesung. Die Pandemie des SARS-CoV2-Erregers im Jahr 2020 katapultierte die akademische Welt nun ins 21. Jahrhundert und etablierte digitale Lehrformate. Dieses Lehrbuch bietet eben hierfür eine Basis für das Fach Physikalische Chemie. Es ist eine Basis für eine Blended-Learning-Lehrveranstaltung, d. h. ein Lehrformat, das aus einer Phase des Selbststudiums (Wissenserwerb), einer digitalen Feedbackeinheit (Wissensverankerung) und einer interaktiven Präsenzvertiefungseinheit (Wissensvertiefung und -transfer) besteht. Das Buch ist hierzu in 23 thematisch fokussierte und modular einsetzbare Lerneinheitsblöcke eingeteilt. Es kann damit für eine zwölfwöchige Lehrveranstaltung im Umfang von vier Semesterwochenstunden volumnäßig eingesetzt werden, wie sie an vielen Standorten unter dem Namen Physikalische Chemie 1 angeboten wird. Gleichsam kann das Buch auch für zwei separate zwölfwöchige Lehrveranstaltungen im Umfang von je zwei Semesterwochenstunden eingesetzt werden, von denen sich eine der Thermodynamik und eine der Kinetik plus Elektrochemie widmet; auch das ist an vielen Standorten üblich. Natürlich erfordert eine derartige Fokussierung des Lernstoffs eine Auswahl, sprich: eine Entscheidung auch *gegen* bestimmte Inhalte. Die Autoren haben hierzu entschieden, das Thema Grenzflächen (d. h. Aspekte wie Grenzflächenspannung, Kapillarität, Adsorption usw.) auszuklammern; dies wird ohnehin oft in eigenen, spezialisierten Lehrveranstaltungen zur Kolloid- und Grenzflächenchemie im späteren Studienverlauf gelehrt.

Die Lerneinheitsblöcke dieses Buchs umfassen jeweils rund 15 Seiten und können in etwa 90 Minuten Selbststudium erarbeitet werden. Der Stoff ist hierin jeweils auf den Punkt gebracht. Gleichwohl werden weitergehende Verweise in einer Reihe von Infoboxen, gekennzeichnet mit einem Symbol i am Textrand, sowie in insgesamt 150 Fußnoten präsentiert, wodurch eine Balance aus kompakter Darstellung und Ausblick auf Weitergehendes geboten wird. In einigen der Fußnoten sowie auch stellenweise entlang des Haupttexts fließen *persönliche Ansichten* der Autoren ein. Um diese klar von „harten wissenschaftlichen Fakten“ abzugrenzen, sind diese Stellen mit dem

Symbol eines Blitzes am Textrand markiert (ein Blitz, weil solch persönliche Sichtweisen grundsätzlich strittig sein mögen). Findet sich hingegen das Symbol ! am Textrand, so deutet dies einen Hinweis der Sorte „Wichtig – bitte merken!“ an. Hiermit wird auf Fallen und Verwechslungsgefahren hingewiesen, z. B. darauf, dass Wärme und Temperatur nicht dasselbe sind und dass die absolute Temperatur in Kelvin und nicht in Grad Kelvin angegeben wird. Ein Stift-Symbol am Textrand fordert Sie zu kurzem selbstständigen Arbeiten auf, konkret in Form kurzer selbstständiger mathematischer Notationen. Wir wissen, dass die „Aktivierungsenergie“ zum selbstständigen Bearbeiten von Übungsaufgaben bei der Lektüre eines Lehrbuchs hoch ist – deshalb wird dieses Mittel hier nur begrenzt eingesetzt und beschränkt sich auf ganz kurze Anregungen (beispielsweise dergestalt, mal selbstständig einen im Text auftretenden einfachen Funktionsausdruck abzuleiten, um selbst zu sehen, wie eben die Ableitung konkret aussieht).

Jeder Lehreinheitsblock schließt mit einem Satz konzeptueller Verständnisfragen im Multiple-Choice-Format, zu erkennen an dem Symbol ? am Textrand. Diese können von Dozierenden in eine e-Learning-Plattform eingebaut werden, sodass Studierende diese dort nach Lektüre der Lehreinheit bearbeiten können. Viele e-Learning-Plattformen erlauben es, zu den jeweiligen Antwortmöglichkeiten In-situ-Feedbacktexte zu hinterlegen, die Studierenden dann sofort anzeigen, ob und warum ihre gewählte Antwortoption falsch oder richtig ist. Die Autoren dieses Buchs stellen Dozierenden solche Antworttexte für die hier enthaltenen Fragen gern auf Anfrage zur Verfügung. Aus der Antwortstatistik, die ebenfalls in vielen e-Learning-Plattformen leicht generierbar ist, können Dozierende dann sehen, welche Teilespekte des Themas in der Studierendengruppe bereits gut verstanden sind und welche noch nicht, und entsprechend hierauf einen Schwerpunkt in der anschließenden Präsenzeinheit setzen. Überdies können in dieser Präsenzeinheit weitere Multiple-Choice-Fragen eingesetzt werden, die den Stoff weiter vertiefen. Auch hierzu stellt dieses Buch zu jeder Lehreinheit einen Satz solch konzeptueller Vertiefungsfragen bereit. Hierzu bietet es sich dann an, die Peer-Instruction-Methode zu verwenden. Die Frage wird dabei in der Präsenzveranstaltung projiziert, und die Studierenden antworten mithilfe eines Audience-Response-Systems („Klicker-System“, beispielsweise Smartphone-basiert) zunächst individuell. Die Antwortstatistik, die von der Lehrperson dann ebenfalls projiziert wird, gibt den Studierenden direkt ein erstes anonymes Feedback darüber, wie sich die jeweils eigene gewählte Antwort in die Gesamtkohorte eingruppiert. Anschließend werden die Studierenden aufgefordert, sich mit ihren ringsum sitzenden Peers in Zweier- oder Dreiergruppen auszutauschen und diese von der Richtigkeit ihrer zuerst gewählten Antwort zu überzeugen. Eine zweite Wahlrunde nach einigen Minuten wird dann so gut wie immer das richtige Ergebnis mit deutlicher Mehrheit hervorbringen, einfach weil diejenigen, die die richtige Antwort haben, auch die besseren Argumente haben und etwaige Verständnislücken bei ihren Peers besser verstehen und ausräumen können, als Dozierende dies könnten. Damit geraten die Studierenden in eine *aktive* Rolle bei der Wissensvertiefung, werden angeregt und motiviert und in den



Lernprozess auf mehrerlei Ebenen interaktiv einbezogen, wohingegen die dozierende Person eine Moderatorenrolle einnimmt. Die Methode erfüllt damit einen der Kernansprüche ihres Erfinders, Prof. Eric Mazur (Harvard): „*good teaching is to help students learn*“.

So attraktiv diese Lehrmethode nun zuerst erscheinen mag – sie steht und fällt mit der Qualität der gestellten Fragen und noch vielmehr mit der Qualität der vorgegebenen Antwortoptionen. Wenn sofort ersichtlich ist, welche Antwort die richtige ist, so ist die Methode allenfalls unterhaltsam, jedoch nicht sonderlich lehrreich. Befindet sich aber unter den Antwortoptionen eine, die den „häufigsten Holzweg“ abbildet, d. h. das häufigste und typischste initiale Missverständnis, das Studierende oft haben, so lässt sich eben dies gezielt angehen und ausräumen. Genau hier setzt das vorliegende Buch an. Es hat den Anspruch, für alle drei der oben genannten Lehrphasen (Selbststudium, e-Learning-Feedback und Präsenzvertiefungseinheit) durchdachtes und aufbereitetes Material zu bieten. Dadurch soll vor allem eines erreicht werden: *Physikalische Chemie kapieren*.

Univ.-Prof. Dr. Sebastian Seiffert

Priv.-Doz. Dr. Wolfgang Schärtl

Mainz, Frühjahr 2021