

# Forschungsinteressen Marcel Emmert

## Methoden und Experimente zur NMR-Spektroskopie für Hochschule und Schule

Ein wesentliches Ziel der Ausbildung von Chemie-Lehrkräften ist es, die Bedeutsamkeit fachlicher Inhalte durch Ausrichtung an alltagsnahen Beispielen mit hoher praktischer Relevanz erfahrbar zu machen. Gerade universitären Praktika für Lehramtsstudierende kommt hierbei eine zentrale Bedeutung zu. In diesem Rahmen können Versuche durchgeführt werden, die moderne Techniken der Chemie nutzen. Studierende erhalten so einen Einblick in aktuelle Forschungsmethoden der Chemie und das Wesen von naturwissenschaftlicher Forschung (Nature of Science).

Die NMR-Spektroskopie ist ein solches modernes Analyseverfahren, das routinemäßig in der chemischen Forschung eingesetzt wird. Zur Reaktionskontrolle und Strukturaufklärung ist sie unentbehrlich. Sie eignet sich auch für quantitative Untersuchungen und damit zur Analyse von Reaktionskinetiken. Darüber hinaus wird sie zur Aufklärung von Prozessen auf molekularer Ebene eingesetzt. Im grundlegenden Chemie-Studium, insbesondere in der Lehramtsausbildung, erfahren die Studierenden jedoch nur wenig über die Praxis von NMR-Messungen. Ein Grund hierfür sind die hohen Kosten von NMR-Spektrometern – vorhandene Geräte werden an den Universitäten in der Regel im Forschungsbetrieb und selten in der Lehre eingesetzt. Seit etwa 10 Jahren gibt es jedoch vermehrt sogenannte Benchtop-Spektrometer verschiedener Hersteller, die verglichen mit Forschungsmaschinen günstig und wartungsarm sind. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten, praktische Lehrveranstaltungen für Studierende zu konzipieren.

Für den Einsatz in Praktika sollen gezielt Experimente mit Kontextbezügen entwickelt werden. Der Fokus soll auf den Prinzipien der physikalisch-chemischen Grundlagen sowie einfachen Anwendungsfällen liegen. Besonders interessant ist die Anwendung der NMR-Spektroskopie zur Verfolgung von Reaktionen und der Untersuchung der zugehörigen Kinetiken. Dabei lassen sich Reaktionen live verfolgen, sodass die klassische Analyse zur Bestimmung von Reaktionsordnung und der Aktivierungsenergie nach Arrhenius vollzogen werden kann. Der klare Vorteil gegenüber Untersuchungen mittels pH- oder Leitfähigkeits-Untersuchungen ist die direkte Beobachtung von Reaktanden anhand von charakteristischen Signalen im NMR-Spektrum, deren Intensität Rückschlüsse auf die Konzentration zulässt.

Auch biochemischen Reaktionen mit hohem Lebensweltbezug, wie die alkoholischen Gärung, lassen sich elegant quantitativ untersuchen. Durch weitere Forschung sollen noch anderen kontextualisierte Experimente zur NMR-Spektroskopie entwickelt werden. Im Sommersemester 2023 erfolgte der erste Einsatz von NMR-Experimenten in der Lehramtsausbildung im Rahmen des Physik-Praktikums für Lehramtsstudierende (Gym). Dieser Einsatz wurde auch empirisch durch einen Fragebogen im Prä-Post-Design begleitet.

Castaing-Cordier, T., Bouillaud, D., Farjon, J., & Giraudeau, P. (2021). Recent advances in benchtop NMR spectroscopy and its applications. In *Annual Reports on NMR Spectroscopy* (Bd. 103, S. 191–258). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.arnmr.2021.02.003>

Connor, M. C. (2021). *Teaching and Learning 1H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*. University of Michigan.

Magritek. (2020). *Monitoring Fermentation by Benchtop NMR*. <https://magritek.com/wp-content/uploads/2020/08/App-Note-Fermentation.pdf>