



# SCHÜLERCAMPUS 2014

## Organische Chemie/Biochemie

Dr. Christian Richter

Jannick Fiedler, Deike Müseler

### Einleitung

In den tierischen und menschlichen Zellen finden Stoffwechselprozesse statt, die Energie benötigen. Ein Hauptteil dieser Energie liefert das Molekül Adenosintriphosphat (kurz: ATP). Es lagert in den Zellen. Charakteristisch für dessen Struktur sind seine drei Phosphatgruppen (siehe Abb.1). In mehreren Reaktionsschritten wird das ATP unter Abspaltung einer Phosphatgruppe zuerst zu Adenosindiphosphat (ADP) und bei Abspaltung einer weiteren Phosphatgruppe zu Adenosinmonophosphat (AMP) umgebaut. Bei diesen Prozessen wird Energie frei, die dann in den Zellen zur weiteren Verwendung zur Verfügung steht.

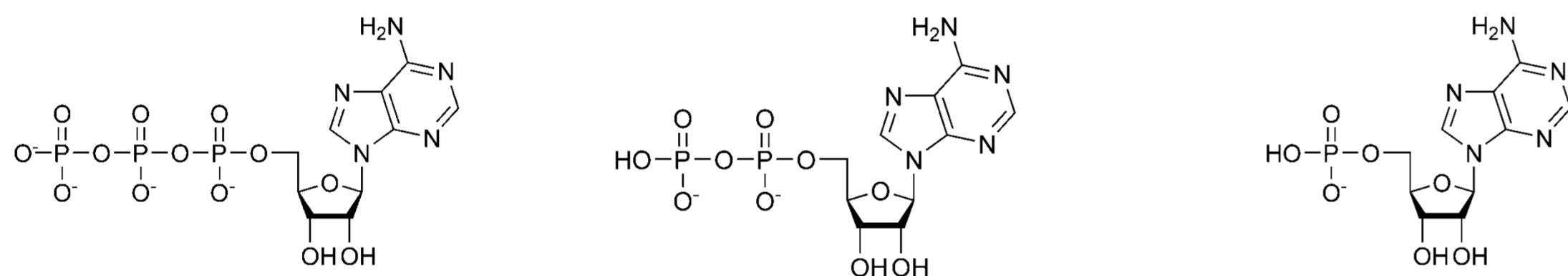


Abb. 1: Molekülstruktur von ATP<sup>1</sup>, ADP<sup>2</sup>, AMP<sup>3</sup> (von links nach rechts)

### Versuchsdurchführung

Grundlage des im Folgenden erläuterten Versuchs ist es, Molekülstrukturen sichtbar zu machen. Dazu wird die NMR (Nuclear Magnetic Resonance) – Spektroskopie verwendet. Bei dieser Methode werden die zu untersuchenden Proben in ein Spektrometer (siehe Abb. 2) gegeben. Mithilfe zweier Magnetfelder können die magnetischen Momente der Atomkerne bzw. ihre Resonanzfrequenzen gemessen und in einem Spektrum sichtbar gemacht werden. Mithilfe der in den Spektren erscheinenden Signale lässt sich die Molekülstruktur erschließen.

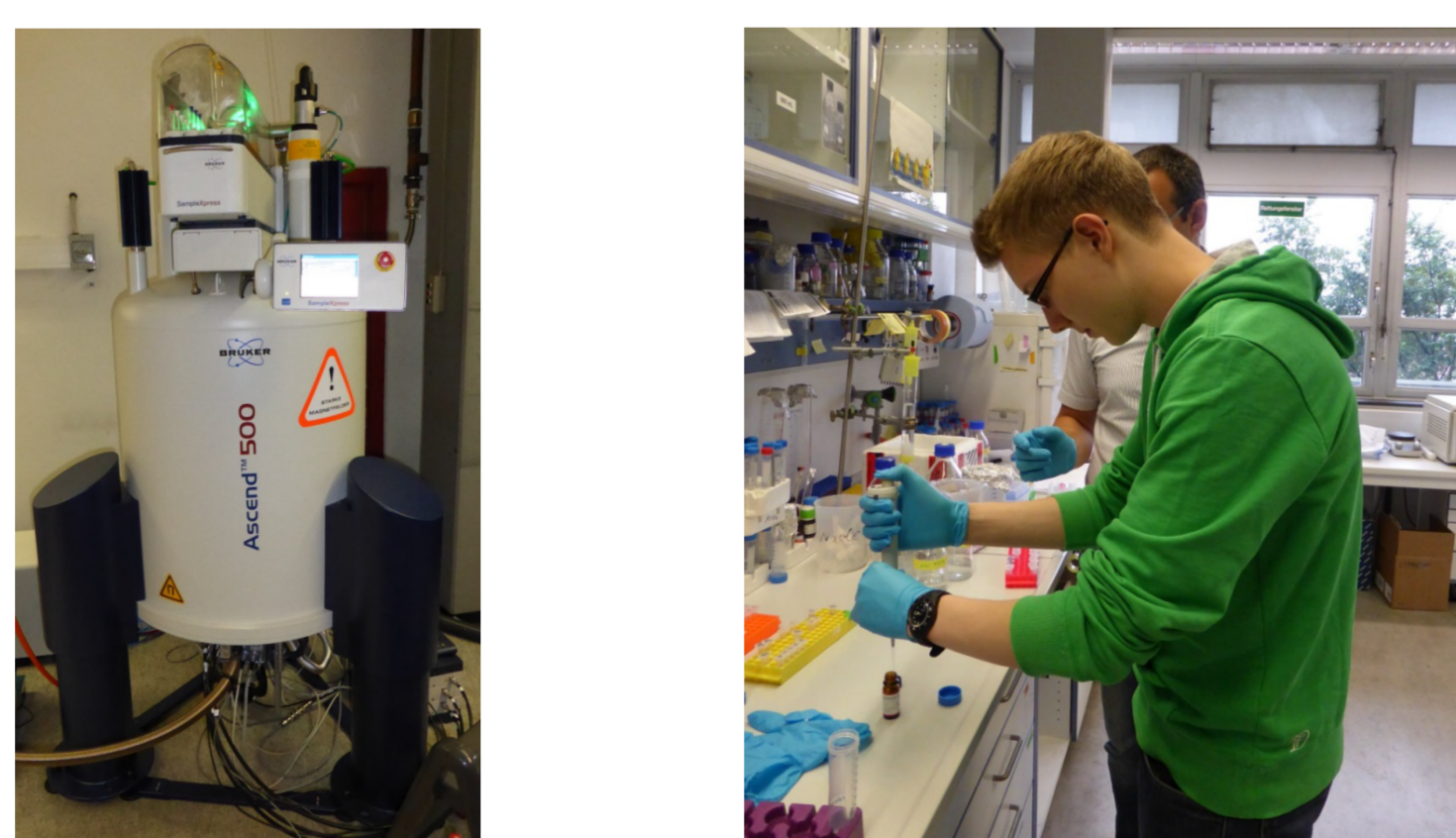


Abb. 2: NMR-Spektrometer, Probenherstellung im Labor

Der Versuch beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob die salzsäurekatalysierte Hydrolyse von ATP mithilfe der NMR-Methode sichtbar gemacht werden kann.

Um dieser Frage nachzugehen, werden zunächst drei Lösungen von ATP, ADP und AMP angesetzt und im Spektrometer analysiert (bei 25,0 °C). Zu beobachten ist, dass ATP drei Phosphoratom, ADP zwei und AMP ein Phosphoratom beinhaltet (angezeigt durch die Signale im Spektrum, Abb. 3a). Auffällig ist, dass die Alpha- und Gamma-Phosphoratom des ATP beim ADP die gleichen Resonanzfrequenzen aufweisen. Diese Tatsache ist dadurch zu erklären, dass die Nachbaratome gleich sind.

Im nächsten Schritt wird eine Lösung mit ATP und Salzsäure (pH-Wert=0.9) angesetzt. Die Salzsäure katalysiert die Hydrolyse des ATPs. Diese Probe wird ebenfalls im NMR-Spektrometer analysiert. Um die Reaktionsbedingungen zu verbessern und den Reaktionsablauf so zu beschleunigen, wird die Temperatur auf 60°C erhöht. Nun werden in einem Gesamtzeitraum von 50 Minuten ca. alle 30 Sekunden die Resonanzfrequenzen der Phosphoratom ermittelt. Anschließend werden die Messungen in zwei eindimensionalen Spektren dargestellt (Abb. 3b). Das eine Spektrum stellt die Ergebnisse zu Versuchsbeginn und das zweite vom Versuchsende dar. Eine weitere Darstellungsmethode der Ergebnisse ist das dreidimensionale Spektrum (Abb. 3c), bei dem die schrittweisen Veränderungen betrachtet werden können. Es ist festzustellen, dass die Probe nicht mehr nur ATP enthält, sondern dass sich daraus ADP und AMP gebildet hat, beschleunigt durch die Salzsäure. Das Spektrum hat somit die Hydrolyse bestätigt.

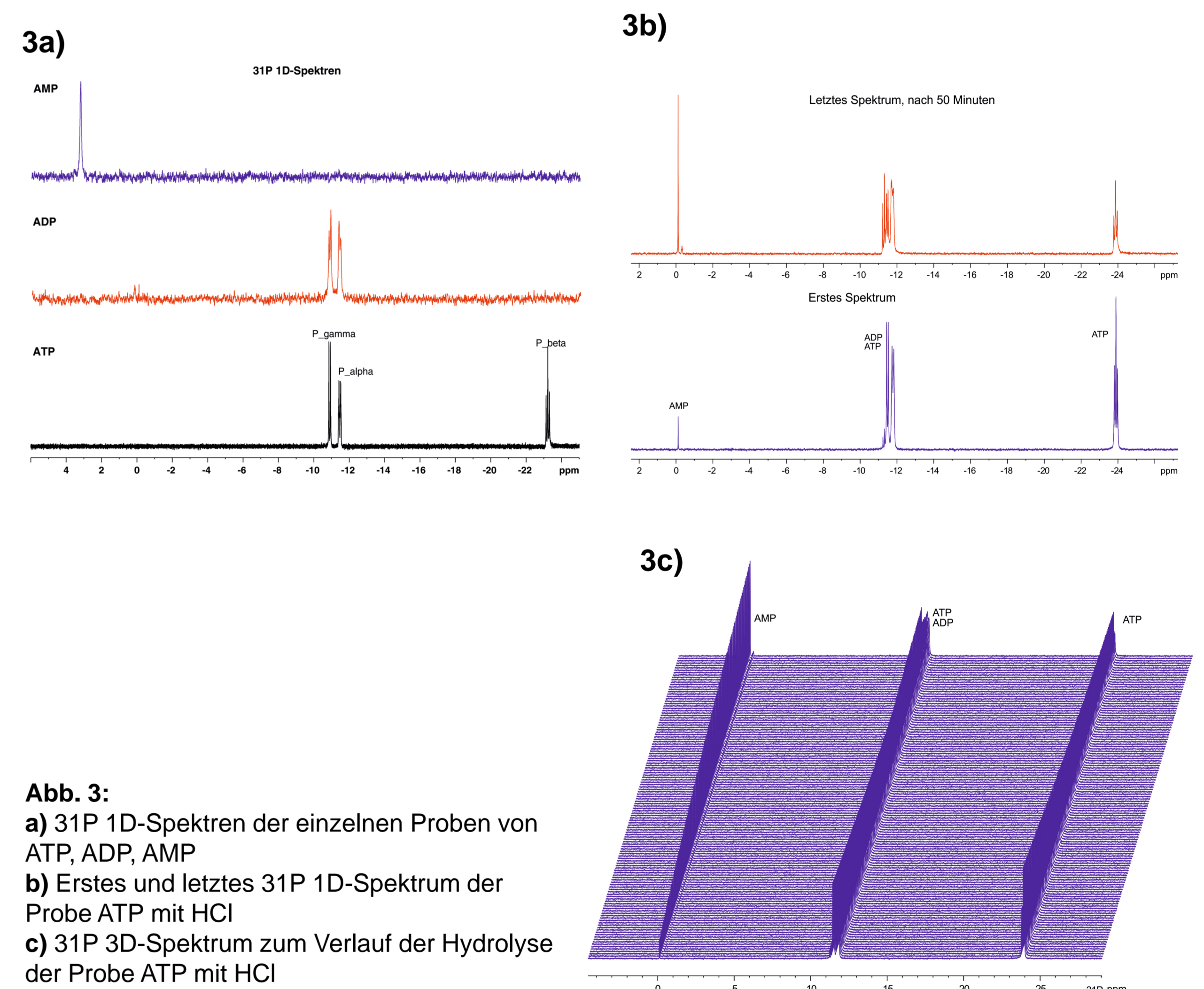


Abb. 3:  
a) 31P 1D-Spektren der einzelnen Proben von ATP, ADP, AMP  
b) Erstes und letztes 31P 1D-Spektrum der Probe ATP mit HCl  
c) 31P 3D-Spektrum zum Verlauf der Hydrolyse der Probe ATP mit HCl

### Schlussfolgerung

Die NMR-Spektroskopie eignet sich zum Nachweis der Hydrolyse von ATP. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch Auswertung der Intensitätsänderungen die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion zu bestimmen.

### Bildquellenquellen:

- 1) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/ATP\\_chemical\\_structure.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/ATP_chemical_structure.png), 10.07.14
- 2) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/ADP\\_chemical\\_structure.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/ADP_chemical_structure.png), 10.07.14
- 3) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/AMP\\_chemical\\_structure.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/AMP_chemical_structure.png), 10.07.14