

# Wahlpflichtunterricht im Online-Oberstufencampus Pilotprojekt: Kontextbasierte Zugänge zum Atom

**Dirk Rohde und Wilfried Sommer**

*Alanus Hochschule für Kunst und Gesellschaft,  
Fachbereich Bildungswissenschaft, Alfter, Deutschland*

**ABSTRACT.** Unser Anliegen ist es aufzuzeigen, welches Potenzial ein Online-Oberstufencampus besitzt, um innerhalb der Waldorfpädagogik neue, gut gangbare Wege als Antwort auf aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen und zentrale wissenschaftliche Fragestellungen zu eröffnen. Das wird am Beispiel eines hybriden Wahlpflichtunterrichtes in der 11. Klasse geschildert. Es wird eine von uns entwickelte und erprobte Unterrichtseinheit vorgestellt, die in den Fächern Physik und Chemie kontextbasierte Zugänge zum Verständnis des Atoms ermöglicht. Die damit gemachten Erfahrungen werden erörtert und abschließend weiterführende Überlegungen diskutiert.

*Keywords:* Online-Oberstufencampus, Hybridunterricht, Atom, kontextbasiert, Waldorfschul-Curriculum

## Einleitung

Anfang 2022 stellte das *+3-Magazin der Süddeutschen Zeitung* seinen Leserinnen und Lesern die Frage, welche Verbesserungen die Schule brauche. Aufgefordert, Visionen zu skizzieren, wurde der folgende Beitrag in die Online-Diskussion zum Heft 84 vom 25. Februar 2022 eingebracht (Sommer 2022):

### **„Die besten für alle**

Die Schule von morgen braucht eine neue Aufklärung. Junge Menschen bilden sich dort, indem sie ihr kulturelles Erbe und ihre natürlichen Lebensgrundlagen wertschätzen lernen. Sie haben den Mut, ihren Verstand in dialogischer Weise zu gebrauchen. Sie erleben sich als ein verkörpertes Subjekt, das sowohl Natur ist als auch eine natürliche Umgebung hat. Neuem begegnen sie mit einem einführenden wie analysierenden Blick.

Die Schule von morgen braucht Expeditionszeiten für eine neue Aufklärung, ausgestaltet und verantwortet von exzellenten Lehrenden. Universitäten oder Thinktanks geben ihnen den Freiraum, wegweisende Miniaturen zu entwickeln. Ihre neuen Perspektiven entfalten sie einmal wöchentlich – live, aber online; nach Corona können sie das. Lernende wählen sich nach Interesse ein, sie schalten sich aus unterschiedlichsten Schulen und Städten zu. Ihre Lehrkräfte begleiten sie, wenn sie die Anregungen aufarbeiten und weiterverfolgen. Fragen werden zurückgegeben und in der kommenden Woche aufgegriffen.

Warum dieser Aufwand? Erwachsene von morgen brauchen schon heute neue Kontexte, durch die sie bewährte Schul- und Prüfungsstoffe bereichern und ergänzen können: Wie sind Existenz und Leben verschränkt? Sind Atome Bausteine der Natur oder Elemente einer Beschreibung? Ist ein pluralistischer Realismus denkbar? Wie ist es und was heißt es, ein Mensch zu sein?“

## Ein erstes Pilotprojekt

Die hier skizzierte Vision – kein wissenschaftlicher Text, sondern ein Diskussionsbeitrag – ist zugespitzt formuliert und recht selbstbewusst vorgebracht. Wir haben sie im Schuljahr 2023/2024 aufgegriffen, ein an ihr orientiertes Pilotprojekt entwickelt und durchgeführt. Thematisch stand die Frage im Vordergrund, ob Atome Bausteine der Natur oder Elemente einer Beschreibung seien. Im naturwissenschaftlichen Curriculum der Waldorfschulen liegt hier eine Klippe, Herausforderung und Chance zugleich.

Wir werden im Folgenden die curriculare Aufgabenstellung im Kontext der Sekundarstufe II benennen, unsere erste Umsetzung eines Online-Oberstufencampus darstellen, die damit gemachten Erfahrungen diskutieren und den Stand unserer Überlegungen zur weiteren Entwicklung dieses Projektes auffächern.

## Curriculares Spannungsverhältnis beim Atom

Phänomenologische Zugänge spielen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Waldorfschulen eine zentrale Rolle. Das betrifft sowohl die phänomenologischen Unterrichtsansätze des Epochenunterrichtes (Rohde 2003; Sommer 2016) als auch das phänomenologische Vorgehen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Østergaard, Dahlin & Hugo 2008).

Das Atom gehört in den deutschen Waldorfschulen zu den zentralen chemischen wie physikalischen Themen der 11. Klasse (auch wenn es in vorhergehenden Jahren als Begriff bereits Erwähnung finden kann). Während der letzten Jahre wurde durch zahlreiche Dissertations- und Forschungsprojekte das naturwissenschaftliche Curriculum der Waldorfschulen weiterentwickelt und ausdifferenziert. Trotzdem blieb für viele Lehrkräfte der unterrichtliche Zugang zum Verständnis des Atoms unbefriedigend.

Auf der einen Seite gibt es den phänomenologischen Zugang, der als ein nicht rein reduktionistischer Ansatz im Epochenunterricht dominiert und beispielsweise in Österreich von den Lernenden als besonders motivierend erfahren wurde (Wallner-Paschon 2009; Salchegger, Wallner-Paschon & Bertsch 2021).

Auf der anderen Seite wird das Atom vielerorts in den Prüfungsvorbereitungen pragmatisch und knapp eingeführt und rein reduktionistisch behandelt. Dieser Ansatz wurde in den vergangenen Jahren mehrfach auf den alljährlichen Treffen der deutschsprachigen Waldorf-Chemielehrkräfte diskutiert. Die Erfahrungen zeigen, dass die Lernenden den Zugang zu Beginn durchaus als abstrakt erleben, ihn dann aber bald wegen seiner Erklärungsmächtigkeit schätzen.

Beide Zugänge standen und stehen oft noch unverbunden nebeneinander. Vorschläge zum Schließen dieser Lücke begannen früh. Bereits zu Steiners Lebzeiten gab es den sog. „Atomismusstreit“ und Koliskos Versuch der Entwicklung einer hypothesenfreien Chemie. Rozumek (2012) gibt dazu einen umfassenden Überblick. Als sich eine didaktische Brücke abzeichnete, über das Elektron phänomenologische Zugänge zur Elektrizitätslehre an das Atom anzuschließen (Kühl 2018; Sommer 2018), blieb das Spannungsverhältnis vielerorts erhalten. Die für den Anschluss erforderliche Unterrichtszeit stand schlicht nicht zur Verfügung.

Wir haben daher versucht, durch einen Wahlpflichtunterricht in der 11. Klasse das Spannungsverhältnis zu überbrücken (Sommer 2025; Rohde 2025). In einem Pilotprojekt erprobten wir ein hybrides Lehr-Lernformat, das schulübergreifend in einem Online-Oberstufencampus angeboten werden kann. Die Lehrveranstaltungen waren als ein naturwissenschaftlich-erkenntnistheoretisches Angebot zu gängigen Prüfungsstoffen konzipiert. In ihnen wurde das Atom zunächst als Element einer Beschreibung und nicht direkt als Instanz einer Begründung thematisiert.

Bei der Entscheidung für einen Wahlpflichtunterricht in der 11. Klasse waren mehrere Gründe ausschlaggebend, die bei dem Transfer unseres Pilotprojektes in andere Länder zu berücksichtigen sind. In Deutschland schließen die Waldorfschülerinnen und -schüler die Sekundarstufe II mit dem Abitur am Ende der 13. Klasse ab. Sie haben also ein Jahr länger Zeit als in den meisten anderen Ländern. Sie müssen dazu drei vom Staat gestellte anspruchsvolle schriftliche Prüfungsaufgaben bearbeiten, aus Fächern, die sie wählen können. Am Beispiel des Faches Biologie konnte gezeigt werden, dass die Waldorfschülerinnen und -schüler die damit verbundenen Herausforderungen problemlos bewältigen (Rohde 2022). Hinzu kommen schulinterne mündliche Prüfungen in weiteren von den Schülern gewählten Fächern. Dadurch sind Abschlussprüfungen in Physik und Chemie nicht verpflichtend. Diese Fächer werden auch nur selten als Prüfungsfächer gewählt. Und selbst wenn das der Fall ist, bilden die Inhalte aus der 11. Klasse für die Abiturprüfung zwar eine Grundlage, sind aber wenig unmittelbar relevant. Daher bestehen in Deutschland in diesen beiden Fächern in der Jahrgangsstufe 11 inhaltlich große Freiheitsgrade.

Ein Wahlpflichtunterricht hat den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler damit eine schulisch vorgegebene Unterrichtsverpflichtung abdecken. Sie sind also nicht völlig freiwillig in einem solchen Kurs. Zugleich können sie dabei zwischen mehreren Fächern wählen, die alle nicht verpflichtend für die Abiturprüfungen sind. So können sie stärker ihren Neigungen folgen. In unserem Atom-Kurs konnten wir feststellen, dass sich am Thema grundsätzlich interessierte Schülerinnen und Schüler eingewählt hatten.

Wir werden im Folgenden sowohl die Konzeption des Wahlpflichtunterrichtes als auch erste Erfahrungen darstellen.

## **Online-Oberstufencampus**

### *Organisation*

Die Lehrveranstaltung „Kontextbasierte Zugänge zum Atom“ wurde für ein halbes Jahr (zwei Quartale) im Umfang von zwei Doppelstunden pro Woche angeboten. Im Fach Physik fanden sie im ersten Quartal unter der Leitung von Wilfried Sommer in der Freien Waldorfschule Kassel in Präsenz statt. Sie wurden nach Marburg übertragen und dort vor Ort von einer Physik-Lehrkraft betreut. – In der Planungsphase war die gleichzeitige Übertragung an einen weiteren Ort vorgesehen. Dort fiel die betreuende Lehrkraft jedoch kurzfristig aus.

Anschließend erlebten umgekehrt die Teilnehmenden aus der Freien Waldorfschule Marburg im zweiten Quartal unter der Leitung von Dirk Rohde die Lehrveranstaltungen im Fach Chemie in Präsenz und die Teilnehmenden aus Kassel online. In Kassel wurden sie vor Ort von Wilfried Sommer betreut.

Sowohl in Marburg als auch in Kassel kamen Kameras mit vorprogrammierten Einstellungen zum Einsatz: insbesondere auf die Tafel, das Flipchart und den Bildschirm des Klassenraums, aber auch auf ausgewählte Positionen der Experimentiertische. Beide Lehrkräfte stimmten ihre Vorbereitung auf die Kameraeinstellungen ab.

Ein hochwertiges Mikrofon stellte sicher, dass Beiträge und Fragen der Teilnehmenden nicht nur im Klassenraum vor Ort, sondern auch am Ort der Übertragung gut verständlich waren.

Eine weitere Kamera war sowohl in Marburg als auch in Kassel auf die Lerngruppen ausgerichtet, sodass die Lernenden an einem Ort sich jeweils einen Eindruck über die Situation am anderen Ort machen konnten.

### *Struktur der Lehrveranstaltungen*

In den Lehrveranstaltungen wechselten sich – grob gesprochen – drei Phasen ab:

- die Darstellung von Inhalten (Vorträge der Lehrkraft mit Erstellung eines Tafelaufschriebs oder mit Bezugnahme auf eine Präsentation; Demonstrationsexperimente),

- die Gesprächsphasen (Fragenbeantwortung; Diskussion und Entwicklung von Inhalten) und
- die Phasen der Eigenarbeit (Arbeitsblätter; Heftarbeit).

Je nach Inhalt erstreckten sich einzelne Phasen von wenigen Minuten bis hin zu einer halben Stunde. In den meisten Lehrveranstaltungen folgten mehrere dieser Zyklen aufeinander. Die Abfolge der Phasen bildete kein starres Konzept und wurde flexibel am Inhalt ausgerichtet.

In Phasen der Eigenarbeit waren die Mikrofone an beiden Standorten ausgeschaltet. Die Lernenden konnten so die Lehrkraft vor Ort direkt und in einem geschützten Rahmen um Unterstützung bitten und insbesondere auch Aspekte, die sie besser verstehen wollten, im direkten Gespräch ausleuchten.

Demgegenüber waren in den Gesprächsphasen die Beiträge für alle Teilnehmenden hörbar. Die Lehrkräfte vor Ort mussten in Einzelfällen an eine deutliche Artikulation in Richtung des Mikrofons erinnern. In zahlreichen Gesprächsabfolgen gelang es den Lernenden gut, sich direkt auf Argumente, die sie nur in der Übertragung gehört hatten, zu beziehen. Insbesondere gewöhnten sich die Lernenden beider Orte schnell an ein fachsprachliches Training, welches als kurze Frage-Antwort-Sequenz am Beginn der Lehrveranstaltungen in Physik stand.

Die Darstellung von Inhalten hatte Vorlesungscharakter. Es bewährte sich sehr, Dargestelltes durch Tafelaufschriebe zu fixieren und im Unterricht je nach Inhalt festzulegen, ob mitgeschrieben werden sollte oder erst in der Phase der Eigenarbeit auf Grundlage des Tafelaufschriebs eigene Niederschriften erfolgen sollten.

Einer der Teilnehmenden war zugewandert und verfügte zu Beginn nur über geringe Deutsch-, aber sehr gute Englischkenntnisse. Nach Rücksprache mit beiden Lerngruppen wurde als Sprache für die Darstellungen eine Zeit lang Englisch gewählt, bei Nachfragen konnten die Lernenden aber selbst entscheiden, ob sie in Deutsch oder Englisch fragen wollten. Die meisten wählten Englisch.

Die Schulstunden in Kassel und Marburg überlappten sich nicht vollständig; insgesamt standen mittwochs als gemeinsame Zeit 70 Minuten und nicht, wie üblich, 90 Minuten zur Verfügung. Freitags konnte Marburg von der vorgesehenen Doppelstunde nur eine Stunde überlappend einrichten, sodass an diesem Tag in Kassel im zweiten Teil der Doppelstunde eine längere Eigenarbeit lag, die den Lernenden in Marburg als Hausaufgabe überlassen war.

Generell war es ein Ziel, die Phasen der Eigenarbeit so zu gestalten, dass die Lernenden keine oder nur wenig Hausaufgaben erledigen mussten, was sich in Marburg aus dem genannten Grund nicht ganz realisieren ließ.

### *Vernetzung mit dem Epochenunterricht*

In Physik setzte der Wahlpflichtunterricht ein Vorwissen sowohl in der Elektrostatik als auch in der Elektrodynamik voraus. Die Inhalte waren zwischen Kassel und Marburg abgesprochen.

Da an beiden Schulen der Physikunterricht der 11. Klasse epochal, d.h. als Blockunterricht erteilt wird, lagen die Physikepochen vor dem Beginn des Wahlpflichtunterrichtes.

In Chemie gelang es nicht, für alle Teilnehmenden die Chemieepochen vor den Beginn des Blockunterrichtes zu legen. Hier stellten einige Inhalte für manche Lernenden eine Wiederholung oder neue Akzentuierung dar, für andere eine Begegnung mit neuen Inhalten. Das musste in der Gestaltung der Lehrveranstaltungen berücksichtigt werden.

Selbstverständlich sprach das Thema „Kontextbasierte Zugänge zum Atom“ erst einmal speziell naturwissenschaftlich Interessierte an. Seitens der Freien Waldorfschulen Kassel und Marburg wurden aber keine Vorgaben formuliert, die eine besondere Begabung oder besondere Leistungen als Teilnahmebedingung fixierten. So streuten auch die Ergebnisse der Teilnehmenden über den üblichen Bereich.

In Kassel konnten die Lernenden durch ihre Ergebnisse im Wahlpflichtunterricht ihre Bewertung in Physik verbessern, nicht aber verschlechtern. Die Marburger Lerngruppe wurde nicht benotet. Da es sich um ein Pilotprojekt handelte, das prinzipiell gesehen auch misslingen kann, wurde so ein Risiko für die Teilnehmenden ausgeschlossen.

### *Erste Erfahrungen mit dem hybriden Lehr-Lernformat*

Während der Darstellung von Inhalten standen die Lehrenden vor der Herausforderung, zwei Lerngruppen im Blick zu behalten, die „Roomies“ und „Zoomies“ (Heitmann, Michel 2022, S. 24 ff.). Das konnte durch einen Monitor, der über einen gesonderten Zoom-Zugang nur die Lerngruppe des anderen Ortes zeigte, wesentlich erleichtert werden; die „Zoomies“ bekamen so einen größeren Stellenwert.

Kamen in den Phasen der Eigenarbeit Arbeitsblätter zum Einsatz, die detailliert auf die Darstellungen und deren Tafelaufschrieb abgestimmt waren, so gelang es den Lernenden, eigenständig zu arbeiten. Freilassende bzw. offene Arbeitsformate, z.B. das Dargestellte in einem eigenen Aufschrieb zu fixieren, bewährten sich kaum und stellten für zahlreiche Teilnehmende eine inhaltliche wie motivationale Überforderung dar.

Besonders geschätzt wurde, wenn beispielsweise die betreuende Lehrkraft in Kassel selbst einen Aufschrieb erstellte – und zwar auf einem Flipchart, das links direkt neben dem Bildschirm stand, auf den die Lehrveranstaltung aus Marburg übertragen wurde. Die Lernenden konnten so erfahren, wie man direkt aus einer Darstellung eine Mitschrift extrahiert, die neben dem Inhalt auch dessen Struktur hervortreten lässt.

Dieses Training, das sich im Laufe der Zeit immer mehr als ein Vorgriff auf universitäre Lehrveranstaltungen entpuppte, bewährte sich. Die meisten Lernenden übernahmen dann auch nicht die Aufzeichnungen direkt vom Flipchart. Vielmehr verwendeten sie diese als Widerlager für ihre eigene Heftarbeit.

Das für hybride Settings typische „proximity bias“ – wir bevorzugen Menschen in unserer Nähe (Heitmann, Michel 2022, S. 33 f.) – ließ sich so besser handhaben, waren doch an beiden Orten Lehrkräfte in Aktion und stellten sich mit Empathie in ihr jeweiliges Lehr-Lernformat.

Die anfängliche Sorge, dass ein unterschiedliches Vorwissen der Lernenden den Gang der Lehrveranstaltungen deutlich beeinflussen könnte, erwies sich als weitgehend unbegründet. In Darstellungsphasen des verwendeten hybriden Lehr-Lernformats müssen auch bekannte Inhalte sorgfältig kognitiv aktiviert oder an ein Beispiel angeschlossen werden, entfällt doch für einen Teil der Teilnehmenden der direkte persönliche Eindruck, welcher ein größeres situatives Handeln ermöglichen und legitimieren würde.

In Gesprächsphasen kam es in Einzelfällen vor, dass die Lehrkräfte einen Beitrag der Lernenden wiederholen und präzisieren mussten, um die online teilnehmende Lerngruppe nicht zu verlieren. Diese Form des sogenannten Lehrerechos ist im Präsenzunterricht zurecht verpönt, macht sie es doch für die Lernenden attraktiv, sich nicht gegenseitig zuzuhören und nicht gegenseitig aufeinander zu beziehen, sondern nur mit der Lehrkraft zu interagieren. Solche negativen Wirkungen, welche das Lehrerecho im Präsenzunterricht hat, blieben weitgehend aus. Insgesamt betrachtet kam es aber auch dank der guten Mikrofone und der klaren Artikulation der meisten Lernenden selten zum Einsatz.

Elisabeth Feigl (2022, S. 176) regt an, mit dem SAMR-Modell zu reflektieren, ob „Digitales nicht additiv, sondern integrativ eingesetzt“ werde. „So kann erkannt werden, ob analoge Medien einfach durch digitale ersetzt werden (Substitution – S), eine moderate funktionale Erweiterung erzielbar ist (Augmentation – A) oder die eigentlich anzustrebenden Stufen der Modifikation (M) und Redefinition (R) erreicht werden können“.

Wie oben erläutert haben wir den Eindruck, dass für die „Zoomies“ zu der Substitution eine spezifische und hilfreiche Modifikation hinzutritt, wenn die betreuende Lehrkraft auf dem Flipchart neben dem Bildschirm ihren Aufschrieb erstellt und/oder anderweitig assistierend ihre Lerngruppe begleitet. Da zudem durch die doppelte Betreuung beider Lerngruppen (gleichzeitig digital und analog durch jeweils eine

Lehrkraft) die Lerninhalte auf zweifache Weise vermittelt werden, kann in gewisser Weise auch von einer Augmentation gesprochen werden, werden doch so die Verständnismöglichkeiten für die Lernenden erhöht.

Im Gegensatz zu Axel Krommer und Philippe Wampfler (2021, S. 8 f.) gehen wir auch nicht von der grundsätzlichen Frage aus, wie Lernen und Lehren in einer Kultur der Digitalität beschaffen sein sollten. Das von uns erprobte hybride Lehr-Lernformat ist als Werkzeug gedacht, während Krommer und Wampfler vertreten, dass „Medien aber keine Werkzeuge sind, sondern Wahrnehmungen, Gemeinschaften und soziales Handeln prägen“ und so sich „die Mehrwert-Frage gar nicht sinnvoll stellen“ lasse: „Wer danach fragt, was digitale Medien verbessern, geht vom Lern- und Wissensverständnis der Buchdruckkultur aus und vergleicht nicht Kulturen, sondern Werkzeuge“.

Unsere weiteren Ausführungen werden verdeutlichen, dass wir das beschriebene Lehr-Lernformat als ein Werkzeug für globales Lernen ausbauen wollen.

## Curriculare Entscheidungen

### *Zum Leitmotiv*

Die Frage, ob Atome Bausteine der Natur oder Elemente einer Beschreibung seien, lässt sich weder mit einem Ja noch einem Nein beantworten. Sie stellt eine große naturphilosophische Frage dar, bei der die Begriffe Substanz, Kausalität und Wechselwirkung eine zentrale Rolle spielen. Kant sah sie als grundlegende „Begriffe a priori“ an und bezeichnete sie im Anschluss an Aristoteles als „Kategorien“ (Willaschek 2024, S. 303). Allein dieser Aspekt sprengt schnell die Dimensionen schulischen Lehrens und Lernens.

Auch die Frage, was Materie sei, ist unmittelbar mit dem Atom verbunden. Ebenfalls bedeutsam ist die Frage, inwiefern das Atomkonzept mit dem Verständnis des Menschen als Individuum zusammenhängt. Und nicht zuletzt spielt die Rolle von Modellen in den Naturwissenschaften eine zentrale Rolle. Alle diese Themen sind ungemein komplex und können in einem Wahlpflichtunterricht nur in wenigen Aspekten angemessen behandelt werden.

Entsprechend wählten wir den Titel „Kontextbasierte Zugänge zum Atom“. Wir gingen von Kontexten aus, die wir nach unserer didaktischen Elementarisierung und Rekonstruktion als geeignet ansahen, um naturphilosophische Fragestellungen mit den Lernenden zu behandeln. Im Zentrum unserer didaktischen Bemühungen stand, reduktionistische Positionen zum Atom in Kontexte einzubetten, die nicht rein reduktionistisch angelegt sind.

Wir hoffen, mit einem solchen Vorgehen einen Diskussionsbeitrag zu dem zu leisten, was derzeit gerne als „neue Aufklärung“ gefordert wird. Auch diese Forderung stellt eine so umfassende Fragestellung dar, dass wir sie an dieser Stelle lediglich als Rahmen für die eigene Motivationslage benennen, nicht aber als wissenschaftliches Programm für die eigene Arbeit bezeichnen wollen.

### *Physikalische Aspekte*

Der Gang der Lehrveranstaltungen im Fach Physik ist in einer eigenen Publikation festgehalten (Sommer 2025) und soll an dieser Stelle nicht im Einzelnen aufgefächert werden.

Kurz und knapp: Die Lehrveranstaltungen starteten mit mechanischen Kontexten, thematisierten im Anschluss elektrostatische Kontexte (Feldzustände als Formzustände des Raumes ohne Materie, Ladungen als Verankerungen dieser Formzustände an der Materie) und schlugen dann die Brücke zu elektrodynamischen Kontexten. Am Ende stand das lokalisierte Elektron als Objekt in elektrostatischen wie elektrodynamischen Kontexten.

Die Darstellungen zu den einzelnen Kontexten gingen von konkreten physikalischen Phänomenen aus, die möglichst in Versuchsreihen entfaltet wurden. Anschließend galt es, sie gedanklich aus unterschiedlichen

Richtungen auszuleuchten. So konnten die Lernenden den konkreten Blick auf physikalische Phänomene zunehmend mit symbolischen Formen verbinden.

In diesem Lernvorgang wurde rasch deutlich, bis zu welchem Formalisierungsgrad die Teilnehmenden symbolische Formen ausbuchstabieren konnten und welches mathematische Niveau anschlussfähig war.

Am Ende standen schließlich sprachlich verdichtete Formulierungen, von denen an dieser Stelle zwei exemplarisch wiedergegeben werden sollen, um den Charakter des von uns gewählten beschreibenden Zugangs zu verdeutlichen.

- Das Konzept des Atoms integriert mögliche Wechselwirkungsprozesse mit der Umgebung in einen lokalen Beschreibungsansatz, der in einem additiven Kontext steht. Dafür werden elektrodynamische und elektrostatische Blickrichtungen verbunden.
- Das Atom ist ein Konzept und eine Form der Materie, in der die Bindungsenergien der Elektronen das Wechselwirkungspotenzial mit der Umgebung zahlenmäßig angeben. Gleichzeitig werden die möglichen Wechselwirkungsprozesse an einen additiv-räumlichen Beschreibungsansatz angebunden.

Die Lernenden bezeichneten solche Formulierungen des Öfteren als „so richtig grundsätzlich“ bzw. „so richtig philosophisch“ und unterschieden sie damit von „populären“ Zugängen, die ihnen andernorts begegnet waren.

### *Chemische Aspekte*

Im Fach Chemie ist der Gang der Lehrveranstaltungen ebenfalls in einer eigenen Publikation festgehalten (Rohde 2025) und wird daher an dieser Stelle nicht im Einzelnen dargestellt.

Zu Beginn wurde ein Zitat von Hans Primas (s.u.) ausgeteilt, mit der Ankündigung, es am Ende auf der Grundlage des im chemischen Teil Behandelten zu diskutieren. Kurz zusammengefasst wurde dann mit den Unterschieden der chemischen zur physikalischen Herangehensweise an die Materie begonnen. Als eine erste Voraussetzung des Atom-Konzeptes wurde die Bedeutung der Untersuchung von Wasser mithilfe von Präzisionswaagen und unter Verwendung von vereinheitlichten, normierten Maßen anhand von Experimenten herausgearbeitet. Das Konzept der chemischen Elemente und ihre Reaktionen in konstanten und multiplen Proportionen standen im Mittelpunkt. Anschließend wurde der Zusammenhang von Masse und Volumen thematisiert. Es folgten Reaktionen zur Redoxreihe der Metalle, daraus resultierende elektrische Spannungsdifferenzen und ihre Nutzung für elektrolytische Versuche.

Die Auseinandersetzung mit dem Satz von Avogadro, die Einführung in Bestimmungsmethoden der Avogadro-Zahl und der Rückgriff auf den Wasserstoff führten dann zum lokalisierten Proton im Kontext der Wasserbildung. Das Elektron als negative Elementarladung, Rutherfords Goldfolienversuch und aktuelle Orbitalmodelle zeigten die Schnittmengen zur Physik auf.

Am Ende wurde das oben genannte Primas-Zitat diskutiert: „Es ist nicht korrekt zu sagen: Die materielle Welt ist *aufgebaut* aus Elektronen, Protonen, Atomen, Molekülen. Aber es ist durchaus korrekt zu behaupten: Die molekularen Aspekte der materiellen Welt können hervorragend mit den Begriffen Elektron, Proton, Atom, Molekül *beschrieben* werden.“ (Primas 2004, S. 13) Eine Leitfrage dabei war, was es für das Denken der Lernenden bedeute, wenn sie – im Gegensatz zu Primas – für sich davon ausgingen, dass die Materie aus kleinsten Bausteinen aufgebaut sei. Eine weitere Leitfrage war, welchen Zusammenhang sie zwischen dem Atom-Konzept und ihrem Selbstverständnis als Individuum sehen, bedeuten doch beide Wörter – Atom und Individuum – gleichermaßen „unteilbares“. Die Lernenden erlebten diese Gespräche – ihren Aussagen zufolge – als fruchtbar und sehr zum Nachdenken anregend.

## Perspektiven

### *Rückblick mit den Teilnehmenden*

Der Rückblick der Teilnehmenden bezog sich sowohl auf organisatorische als auch auf inhaltliche Aspekte der Lehrveranstaltung selbst. Viele der organisatorischen Aspekte sind in die Checkliste eingeflossen, welche im Anhang der Veröffentlichung steht.

Bezogen auf den inhaltlichen Gang der Lehrveranstaltung hoben die Lernenden hervor, dass begleitendes Material notwendig sei, um ggf. die Lücken durch Fehlzeiten schließen zu können. Der naturphilosophische Charakter der Lehrveranstaltung erfordere spezifische Literatur. – Wir werden das zum Anlass nehmen, um entsprechende bilinguale Literatur (Deutsch und Englisch) zu erstellen (Rohde 2025; Sommer 2025).

Wir haben uns für eine bilinguale Version entschieden, weil wir nicht ausschließen wollen, in Zukunft länderübergreifend auf Englisch eine entsprechende Lehrveranstaltung in einem Online-Oberstufencampus anzubieten. Das würde, so die Lernenden, durch den internationalen Charakter schulischen Lehrens und Lernens sicherlich auf Resonanz stoßen. Realistisch scheint uns hier ein Angebot zu sein, das einmal pro Woche stattfindet, auch, um die notwendigen Überlappungen in den Stundenplänen der teilnehmenden Schulen leichter zu ermöglichen.

Dessen ungeachtet stellte die bilinguale Version eines die Lehrveranstaltung begleitenden Buches für begabte Lernende ein attraktives Angebot dar, könnten sie doch zugleich ihre Sprachkenntnisse erweitern. Für uns wäre es auch gut denkbar, weitere Elemente hinzuzunehmen, wie sie von Klaus Oehmann und Patrick Blumschein (2020, S. 200 ff.) für hybrides Lernen und Lehren vorgeschlagen und seit den 2000er Jahren unter der Bezeichnung „Blended Learning“ diskutiert werden.

Besonders begrüßt wurde von den Teilnehmenden schließlich, dass nach Wochen der digitalen Begegnung die letzte Unterrichtseinheit für alle Beteiligten in Präsenz stattfand. So konnten sich alle zumindest einmal persönlich wahrnehmen. Das könnte für ein länderübergreifendes Projekt eine interessante Herausforderung darstellen, hätte es doch längere Reisen zur Folge, die sich ihrerseits wiederum für spannende Anschlussunternehmungen eignen.

Das hybride Lehr-Lernformat bildete so das Tor zu einer spezifischen Form globalen Lernens.

### *Geteiltes Interesse der Lehrenden und Lernenden*

Wie oben erwähnt fanden die Lehrveranstaltungen im Fach Chemie in Marburg in Präsenz und in Kassel online statt. Als betreuende Lehrkraft hatte Wilfried Sommer in Kassel einen physikalischen Hintergrund und verfügte über solide, aber keine vertieften Kenntnisse in Chemie. Er schrieb auf einem Flipchart selbst mit, das links neben dem Bildschirm stand, auf den die Lehrveranstaltung aus Marburg übertragen wurde.

Indem die Lernenden in Leserichtung vor sich hatten, wie die strukturierte Mitschrift „ihrer“ Lehrkraft zur Darstellung von Dirk Rohde, der Lehrkraft in Marburg, passte, hatten sie nicht nur ein Beispiel universitären Lernens vor sich, sondern sie erlebten zugleich, wie „ihre“ Lehrkraft mit ihnen gemeinsam chemische Inhalte aufschloss und so selbst lernte. Es war dann das geteilte Interesse der Lehrkraft wie der Lernenden, welches im Mittelpunkt schulischen Lernens stand und die Lernatmosphäre prägte.

Dieses geteilte Interesse sehen wir als eine wichtige Perspektive, wenn wir über eine weitere Ausgestaltung eines Online-Oberstufencampus nachdenken: Könnten sich nicht Lehrende und Lernende in Wahlpflichtunterricht gemeinsam Gesichtspunkte erarbeiten, welche schulische Inhalte in neue Kontexte stellen? In Kontexte, die im weitesten Sinne Perspektiven für eine „neue Aufklärung“ oder für sozial-ökologische Transformationsprozesse anregen? Das wäre zugleich eine innovative Form der Lehrkräftefortbildung.

Sollten wir einmal pro Woche in Wahlpflichtunterricht Interesse teilen, das sich auf die Zukunft hin ausrichtet? Auch zu einer Tageszeit, zu der sogar Teilnehmende aus mehreren Zeitzonen gleichzeitig zusammenkommen können?



Wir sehen im Curriculum der Waldorfschulen das Potenzial, rein reduktionistische Zugänge, die in vielen Prüfungsformaten dominieren, in Kontexte einzubetten, die nicht rein reduktionistisch erschlossen werden. Wir hoffen, so einer dialogischen Urteilsdisposition zuzuarbeiten.

Prüfungsformate kurzfristig ändern zu wollen, erscheint uns illusorisch. Über Wahlpflichtunterrichte Kontexte anzubieten, die den Blick weiten, erscheint uns hingegen realistisch. Für einen Unterricht zum Atom wäre es auch denkbar, die Chemie- und die Physik-Epoche in der 11. Klasse etwas zu kürzen und in den dadurch gewonnenen ein bis zwei Wochen eine fachübergreifende Atom-Epoche anzubieten. Als Hybrid-Unterricht müsste diese Atom-Epoche am besten vor den Weihnachtsferien stattfinden, die überall zur selben Zeit beginnen und dadurch die notwendige zeitliche Überlappung der Unterrichtszeiten garantieren. Für uns sind das erste Schritte, die wir gerne weiter gehen wollen. Sprechen Sie uns bei Interesse an, wir teilen unsere Erfahrungen gerne!

### **Anhang: Organisatorische Checkliste**

- Allen in irgendeiner Form im Projekt involvierten Lehrkräften sollten alle organisatorischen Konsequenzen rechtzeitig vorher vorgestellt und diese gründlich mit ihnen diskutiert werden.
- Die sich überlappenden Unterrichtszeiten zwischen den teilnehmenden Schulen sind vorab minutengenau zu ermitteln.
- Absehbare Stundenausfälle durch z.B. Schulprojekte sind so weit wie möglich im Voraus in Erfahrung zu bringen und Kompensationen einzuplanen.
- Jede Gruppe von Lernenden muss fachkompetent begleitet werden. Krankheitsbedingte Vertretungen sind sicherzustellen.
- Wahlpflichtunterricht ist dringend zu empfehlen, da die verpflichtende Stundenbelastung in der Sekundarstufe II für ganz freiwillige Unterrichte zu hoch ist. Vorab müssen den Interessierten die Inhalte und das Anforderungsniveau einschließlich der notwendigen Vorkenntnisse im Detail geschildert werden, sodass sie beurteilen können, ob der Kurs für sie infrage kommt.
- Die Ergebnissicherung und die Benotung sind mit allen zuständigen Lehrkräften vorab festzulegen und den Lernenden mitzuteilen.
- Für sämtliche technischen Aspekte des Hybrid-Unterrichtes muss ausreichend Zeit eingeplant werden. Es ist in vielerlei Hinsicht aufwendig, die nötigen Räume, Materialien und technischen Voraussetzungen zu organisieren. Dabei sollten – neben Demonstrationsexperimenten – auch Möglichkeiten für Schülerexperimente eingeplant werden.

## Literatur

- Feigl, E. (2022): Vom Homo hapticus zum Homo digitus. Wie kann professionelle Weiterbildung auch in Zeiten der Digitalisierung berühren? In: Egger, R., Witzel, S. (Hrsg.): *Hybrid, flexibel und vernetzt?* Springer VS, Wiesbaden.
- Heitmann, A., Michel, A. (2022): *Hybride Meetings*. Haufe: Freiburg.
- Krommer, A., Wampfler, P. (2021): Distanzlernen, didaktische Schieberegler und zeitgemäßes Lernen. In: Klee, W., Wampfler, P. & Krommer, A. (Hrsg.): *Hybrides Lernen. Zur Theorie und Praxis von Präsenz- und Distanzlernen*. Beltz, Weinheim.
- Kühl, J. (2018): *Was ist ein Elektron? Versuch eines Zugangs zur Quantenphysik. Elemente der Naturwissenschaft*, 109, S. 5-35.
- Oehmann, K., Blumschein, P. (2020): Mit Lernaufgaben hybrides Lernen gestalten – Lehren neu denken. In: Kanterreit, T. (Hrsg.): *Hybrid-Unterricht 101. Ein Leitfaden zum Blended Learning für angehende Lehrer:innen*. Visual Ink Publishing, Dornstadt.
- Østergaard, E., Dahlin, B. & Hugo, A. (2008): *Doing phenomenology in science education: a research review. Studies in Science Education*, 44/2, S. 93-121.
- Primas, H. (2004): *Existieren Moleküle wirklich?* Notizen für einen Vortrag am Weihnachtskolloquium des Graduiertenkolleg 850, Universität Heidelberg, 13. Dezember 2004.
- Rohde, D. (2003): *Was heißt ‚lebendiger‘ Unterricht? Faradays Kerze und Goethes Pflanzenmetamorphose in einer Freien Waldorfschule*. Tectum: Marburg.
- Rohde, D. (2022): *Waldorfschulen und das Landesabitur. Eine vergleichende Studie am Beispiel des Leistungsfaches Biologie in Hessen*. Beltz Juventa: Weinheim.
- Rohde, D. (2025): *Chemistry in Waldorf Schools. Teaching Chemistry from the Perspective of Processes*. Pädagogische Forschungsstelle: Stuttgart.
- Rozumek, M., Kolisko, E. (2012): *Hypothesenfreie Chemie*. Verlag am Goetheanum: Dornach.
- Salchegger, S., Wallner-Paschon, C. & Bertsch, C. (2021): Explaining Waldorf students' high motivation but moderate achievement in science: is inquiry-based science education the key? *Large-scale Assess Educ* 9, 14, S. 23 ff.
- Sommer, W. (2016): Zur Rolle der Allgemeinen Didaktik in der Waldorfpädagogik. In: Schieren, J. (Hrsg.): *Handbuch Waldorfpädagogik und Erziehungswissenschaft. Standortbestimmung und Perspektiven*. Beltz Juventa: Weinheim.
- Sommer, W. (2018): Fachdidaktische Beiträge – Physik. In: Sigler, S., Sommer, W. & Zech, M. (Hrsg.): *Handbuch Oberstufenunterricht an Waldorfschulen*. Beltz Juventa: Weinheim.
- Sommer, W. (2020): *Physics in Waldorf Schools. Teaching Physics Phenomenologically*. Pädagogische Forschungsstelle: Stuttgart.
- Sommer, W. (2022): Die besten für alle! *Online-Diskussion zum Magazin +3 der Süddeutschen Zeitung*, 84, 25. 2.2022.
- Sommer, W. (2023): Teaching Approaches in Waldorf Education. In: Schieren, Jost (Ed.): *Handbook of Research on Waldorf Education*. Routledge: New York and London.
- Sommer, W. (2025): *Kontexte zum Atom – Wechselbezüge von Stoff und Form. Eine phänomenologische Position. The Atom in Context – Interrelationships between Substance and Form. A Phenomenological Approach*. Pädagogische Forschungsstelle: Stuttgart.
- Wallner-Paschon, C. (2009): Kompetenzen und individuelle Merkmale der Waldorfschüler/innen im Vergleich. In: Schreiner, C., Schwantner, U. (Hrsg.): *PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt* (S. 387 – 400). Leykam Buchverlagsgesellschaft: Graz. <https://www.iqs.gv.at/downloads/internationale-studien/pisa/pisa-2006> (letzter Aufruf: 26.08.2024)
- Willaschek, M. (2024): *Kant. Die Revolution des Denkens*. 3. Auflage. Beck: München.