

Modul 2: Naturwissenschaftliches Arbeiten

Lutz Stäudel, Kassel

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Umschreibung eines Begriffs

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Bedeutung für den Unterricht

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Aufgaben für die Fachschaft

„Die große Chance der naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule besteht darin, dass naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in Ansätzen und in einfacher Form in den Unterricht integriert werden können. Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Argumentationsformen ist deshalb nicht nur ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern das naturwissenschaftliche Arbeiten kann phasenweise geradezu zum Organisationsprinzip der Unterrichtsführung werden.“ [1, S. 76]

Wie setzt man diese Forderung in geeigneter Weise um? Um welche Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens soll es gehen? Gibt es überhaupt „die“ naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen? Wenn neue Prinzipien der Unterrichtsführung empfohlen werden, welche „alten“ werden damit weniger wichtig? Was ist schließlich das Ziel eines solchen veränderten Unterrichts? Und wie kann schließlich eine naturwissenschaftliche Fachschaft produktiv und konkret in dieser Richtung arbeiten?

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Umschreibung eines Begriffs

„Die“ naturwissenschaftliche Vorgehensweise – im Sinne eines festen Schemas – gibt es nicht, darüber sind sich alle einig, die in den Naturwissenschaften forschen oder über die Entwicklung der Naturwissenschaften nachdenken. Jede „Frage an die Natur“ hat ihren eigenen Charakter und bedarf besonderer Bedingungen zu ihrer Lösung. Einmal ist es eine Reihe unerwarteter Phänomene, die mit den bekannten Theorien nicht mehr in Einklang stehen, ein anderes mal geht es „nur“ darum, etwa einen Umweltparameter zu bestimmen und Risiken abzuschätzen. Ob im medizinisch-technischen Labor oder in einer Anlage zur Teilchenbeschleunigung, stets gibt es sehr spezielle experimentelle Anordnungen, einmal zur reproduzierbaren Gewinnung eines Wertes, zum anderen zur Bestätigung, Falsifizierung oder Veränderung einer Hypothese. Praktische Erfahrung und das Aufbauen auf bereits Bekanntem spielen dabei ebenso oft eine wichtige Rolle wie gedankliche Klarheit. Zugleich war, wie die Geschichte der Naturwissenschaften zeigt, die Lösung von Problemen und die Gewinnung von Antworten oft genug auch von Intuition geleitet.

Dennoch hat es immer wieder Versuche gegeben, naturwissenschaftliches Handeln mittels wiederkehrender Aktivitäten zu charakterisieren, die zusammen genommen „naturwissenschaftliches Arbeiten“ abbilden. Je nach Fragestellung, Komplexität des untersuchten Problems oder Gegenstandsbereich spielen die einzelnen Aktivitäten einmal eine größere, ein

anderes Mal eine geringere Rolle. Die in der Literatur zu findenden Auflistungen von Aspekten naturwissenschaftlichen Arbeitens sind mehr oder weniger umfangreich und detailliert, auch variieren die verwendeten Begriffe. Als praktisch nützlich für Zwecke des Unterrichts hat sich z.B. die Zusammenstellung von R. Duit u.a. [2, S. 8] erwiesen, die als ein Ergebnis der SINUS-Modellversuche (1998 – 2003) [3] formuliert worden ist:

- Beobachten und Messen
- Vergleichen und Ordnen
- Erkunden und Experimentieren
- Vermuten und Prüfen
- Diskutieren und Interpretieren
- Modellieren und Mathematisieren
- Recherchieren und Kommunizieren

Die Tragfähigkeit dieser Zusammenstellung lässt sich überprüfen, wenn man charakteristische Beispiele naturwissenschaftlicher Arbeit unter diesem Fokus betrachtet. Dabei wird auch deutlich, dass eine strikte Hierarchisierung der Aspekte wenig Sinn macht: So wie das Beobachten stets geleitet wird von Erwartungen und mentalen Modellen, so kommt es beim Kommunizieren von Ergebnissen oft zu einer erneuten Veränderung oder Präzisierung einer Fragestellung.

Der Blick auf den Unterricht schließlich relativiert den Versuch einer strengen begrifflichen Abgrenzung ein weiteres Mal: Die einzelnen Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens sollen und können sich ja im Bewusstsein der Lernenden nicht isoliert voneinander entwickeln, sondern nur in ihrer Komplexität und gegenseitigen Bedingtheit.

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Bedeutung für den Unterricht

Mit PISA erfolgte eine teilweise Neubestimmung dessen, worauf der naturwissenschaftliche Unterricht in der Sekundarstufe I abzielt. Gemeinsam mit den übrigen Mitgliedsländern der OECD hat man sich auf eine Sicht geeinigt, die den Schüler als Lernenden ins Zentrum stellt und sich an möglichen lebensweltlichen Anwendungen der zu erwerbenden Fähigkeiten orientiert. Diese ausgesprochen lebenspraktische Ausrichtung kommt im angloamerikanischen Begriff „scientific literacy“ plastisch zum Ausdruck. Im deutschen Sprachraum ist die Rede von „naturwissenschaftlicher Grundbildung“, an der sich der Kompetenzerwerb auf Schülerseite und die Gestaltung des Unterrichts durch die Lehrkräfte orientieren sollen:

„Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ [4, S. 198]

Diese Definition macht klar, dass dem Wissen zwar eine Schlüsselrolle für die naturwissenschaftliche Grundbildung zukommt, dass es aber außerdem um ein Bündel von Kompetenzen geht, die über den Erwerbskontext hinaus auch später für die Lernenden verfügbar sein sollen. Mit dem Fokus auf die Aspekte naturwissenschaftlicher Tätigkeit soll im Laufe der Sekundarstufe I ein zunehmend differenziertes und in vielen inhaltlichen Zusammenhängen verankertes Verständnis entwickelt werden, das die Schülerinnen und Schüler befähigt, naturwissenschaftlich relevante Fragestellungen als solche zu erkennen, das zugrunde liegende – oft fachliche – Problem zu identifizieren, die geeigneten Mittel zur Lösung der aufgeworfenen Fragen zu wählen, angemessene mentale Modelle auf eine Fragestellung probeweise anzuwenden um schließlich die betreffende Frage zu klären, wenn erforderlich mit Hilfe eines Experiments.

Wie bereits in der BLK-Expertise ausgeführt, wird durch die Akzentsetzung auf das naturwissenschaftliche Arbeiten auch das Verhältnis von experimentellem Tun und der geistigen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragen neu bestimmt. Das Experimentieren allein, also ohne die vorherige zumindest partielle Identifikation der Frage, ohne Klärung der Mittel, die für einen bestimmten Zweck eingesetzt werden sollen und ohne eine Reflexion des zu erwartenden oder der möglichen Ergebnisse, solches Experimentieren verbleibt günstigstenfalls auf der Ebene von Laborfertigkeiten [vgl. 1, S. 76]. Experimente und Versuchsreihen müssen sich darauf hin befragen lassen, auf welche Frage sie eigentlich eine Antwort geben und ob diese Frage zuvor hinreichend ausführlich gemeinsam mit den Lernenden entwickelt worden ist.

Die Bedeutung eines solchen Vorgehens, also die Entwicklung von Fragestellungen und die gemeinsame Erörterung von Mitteln und möglichen Ergebnissen, wird auch von den Befunden der neueren lernpsychologischen Forschung unterstützt. Nur in einem grundlegenden Aneignungsprozess kann eine Schülerin, ein Schüler strukturiertes Wissen aufbauen; nur wenn der Anschluss zum Vorwissen hergestellt wird, sind die neuen Einsichten hinreichend verankert. Dazu bedarf es aber vielfältiger Möglichkeiten zur je eigenen Aktivität, und zwar nicht nur auf der „hands-on“-Ebene. [1, S. 76-78]

Im Unterricht können solche aktivierenden Situationen u. a. mittels der Akzentuierung des naturwissenschaftlichen Arbeitens erzeugt und intensiviert werden. Allerdings wäre man nicht gut beraten, die Unterrichts-Schemata der Vergangenheit durch ein neues zu ersetzen, das jetzt „naturwissenschaftliches Arbeiten“ heißt. Dies entspräche weder der Praxis naturwissenschaftlichen Arbeitens in Forschung oder industrieller Technik noch der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen im Alltag; schon gar nicht würde man damit aber dem Lern- und Aneignungsprozess der Schülerinnen und Schüler gerecht: Vielmehr kann gerade die Akzentsetzung auf den einen oder anderen Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens und deren Bewusstmachung durch erläuternde Kommentare auf der Metaebene den Aufbau naturwissenschaftlicher Kompetenzen nachhaltig unterstützen.

In der Praxis des Unterrichtens bedeutet das, Inhaltselemente gezielt so auszuwählen bzw. darauf hin zu befragen, ob sie geeignet sind, einen Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens im Besonderen zu verdeutlichen. Natürlich kommen solche Aspekte kaum jemals wirklich isoliert vor, aber wenn sie den Hauptaspekt einer Aufgabe oder einer Unterrichtssequenz bilden, dann sind sie in der Regel auch geeignet, ihren spezifischen Charakter für den Ler-

nenden erkennbar werden zu lassen. Diese Vorstellung soll an einigen erprobten Beispielen, die an anderer Stelle [2] ausführlich beschrieben sind, verdeutlicht werden:

Das *Messen* ist eine der grundlegenden Tätigkeiten, mit denen sich ein Naturwissenschaftler seinen Untersuchungsgegenständen nähert. Im Zusammenhang mit dem Messen gibt es eine ganze Reihe von Fragen, die thematisiert werden können, etwa die Wahl des geeigneten Instruments, das genaue Ablesen von Werten, die Problematisierung von Fehlern u.a.m. Was das Messen aber zu einem Grundelement naturwissenschaftlichen Arbeitens macht, ist, dass es „Vergleichen mit einer Einheit“ bedeutet. Dieses Vergleichen ermöglicht einerseits die Quantifizierung von Größen, andererseits ist es Basis für das Kommunizieren von Ergebnissen, zwischen den Individuen und über den Rand spezifischer Kulturen hinaus. Erst wenn Schülerinnen und Schüler diese grundlegende Bedeutung des Messens für sich verstanden haben, können sie sich mit Gewinn den SI-Einheiten widmen.

Ein praktischer Vorschlag, um dieses Verständnis zu befördern, handelt von der Einführung einer vorläufigen Einheit der Kraft: 1 Milka [2, S. 24 - 29]. Eine Schokoladentafel der Masse 100 g erzeugt, an eine Feder oder einen Zeigerarm gehängt, eine entsprechende Gewichtskraft. Ein so geeichtes Messinstrument misst in Milka-Einheiten. Der Umweg über diese zunächst leicht befremdliche Einheit stellt nicht nur die Selbstverständlichkeiten des Alltags in Frage, sondern kann durch eben diese Verfremdung ein Verständnis für das Wesen des Messens anbahnen und dazu beitragen, übliche physikalische Misskonzepte wie die Verwechslung von Masse und Gewichtskraft zu korrigieren.

Eine ähnlich grundlegende Bedeutung wie das Messen hat auch das *Ordnen* für die Naturwissenschaften. Die Entwicklung des Periodensystems der Elemente war ebenso eine Epochemachende Errungenschaft wie die Linne'sche Klassifizierung der belebten Natur. Damit aber die Systeme der Naturwissenschaften den Lernenden nicht äußerlich bleiben, muss man ihnen Gelegenheiten einräumen, selbst Erfahrungen mit dem Ordnen zu machen und durch die anschließende Reflexion des Tuns wiederum ein tieferes Verständnis für diesen Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens anzubahnen. Dies kann beispielsweise mit Gegenständen des Alltags [5, S. 18-26] erfolgen oder auch mit den Objekten, die üblicherweise Gegenstand wissenschaftlichen Ordners und Klassifizierens sind.

Für den Unterricht wird in diesem Sinn etwa vorgeschlagen, eine Anzahl von Tieren nach selbst gewählten Kriterien zu gruppieren [2, S. 38 - 46]. Ordnungskriterium kann sehr Verschiedenes sein, von der Farbe über die Zahl der Beine bis zur Frage, in welcher Art Lebensraum ein Lebewesen existiert. Aus der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Ordnungsergebnisse speist sich schließlich die grundlegende Erkenntnis: Ordnen bedeutet zunächst geeignete Kriterien festzulegen, sich über deren Ausprägungen zu verständigen und sodann zu erproben, ob sich das entwickelte Klassifikationssystem wirklich auch als Kriterienstet erweist.

Das dritte Beispiel widmet sich dem *Modellieren*; dies auch deswegen, weil dieser Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens deutlich weniger als die übrigen in der Unterrichtspraxis verankert ist. Mit dem Modellieren ist eine Tätigkeit gemeint, bei der es zunächst um die Entwicklung (oder Anwendung) eines geeigneten mentalen Modells auf einen Ausschnitt der Wirklichkeit geht. Die Modellierung eines Prozesses setzt Ursachen und Wirkungen ins

Verhältnis [5, S. 82 ff.], in einem anderen Fall macht man Annahmen über makroskopisch nicht beobachtbare Vorgänge – z.B. auf Teilchenebene – und versucht damit, einen Ablauf besser verstehen zu können. Unterrichtserprobte Beispiele gibt es inzwischen in großer Zahl [6, 7, 8], hier soll aber auf ein Verfahren hingewiesen werden, das sicherstellt, dass die Lernenden nicht am Ende Realität und Modellebene verwechseln [2, S. 122 – 127].

Im Zusammenhang mit der Einführung des Teilchenmodells werden in der Klasse Poster aufgehängt, die im Unterrichtsverlauf weiter ergänzt werden. Auf der einen Seite werden dort die Dinge aufgeführt, die wir direkt wahrnehmen können, also alles was man sehen, schmecken, riechen, hören oder fühlen kann, dazu Objekte verschiedenster Art, beschrieben durch ihre feststellbaren Eigenschaften, auf dem anderen Poster wird die Modellwelt ausbreitet, also das „Ausgedachte“: Annahmen, Modelle, Vereinfachungen. Dazu gehören auch die Vorstellung von Teilchen und deren Wechselwirkungen, die eben nicht zu verwechseln sind mit den Erscheinungen der Erfahrungswelt. Diese Differenz wiederum und deren Thematisierung ist Grundlage für das Verständnis dessen, was die Naturwissenschaften tun, wenn sie Ausschnitte der Realität in ein System mentaler Strukturen abbilden.

Mit diesen drei Beispielen wird nochmals deutlich, dass die Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens – natürlich – nicht isoliert auftreten. Zum Messen und zum richtigen Ablesen gehören u. a. das genaue Beobachten, das Protokollieren, die ggf. grafische Zusammenfassung der Ergebnisse und deren Interpretation und Kommunikation. Dem Ordnen und Klassifizieren gehen, ob bewusst oder unbewusst, eine Anzahl von Beobachtungen und Annahmen voraus, es gründet auf Vorstellungen einer bestimmten Regelmäßigkeit der Natur ebenso wie auf einer verlässlichen Kommunikation. Ähnliches gilt für das Modellieren, es basiert auf sicher kommunizierbaren Begriffen sowie auf common sense. Dennoch haben die Erfahrungen gezeigt, dass es hilfreich ist, sich beim gemeinsamen Reflektieren über die Art der vollzogenen Tätigkeit auf einen, den jeweiligen Hauptaspekt naturwissenschaftlichen Arbeiten zu beschränken. So kann diese Vorstellung leichter im Bewusstsein der Lernenden verankert werden und sich anschlussfähig entwickeln.

Der *Metakommunikation* kommt beim Aufbau naturwissenschaftlicher Basiskompetenzen eine hervorragende Rolle zu. Wie Untersuchungen in anderem Zusammenhang gezeigt haben, unterstützt das „Sprechen über“ deutlich die Herausbildung mentaler Strukturen und Bilder. Ein Schüler, eine Schülerin, die so über die Jahre der Sekundarstufe I hinweg immer wieder selbst hat Erfahrungen mit charakteristischen Aspekten naturwissenschaftlichen Arbeitens machen können **und** dem bzw. der immer wieder verdeutlicht worden ist, was das charakteristische an diesem Tun war und was es bedeutet, wird viel leichter ein geistiges Bild vom naturwissenschaftlichen Arbeiten aufbauen, als wenn dies nicht systematisch explizit benannt wird. Mit der sich im Laufe der Schuljahre steigenden Komplexität der Inhalte wächst auch die Komplexität der machbaren Erfahrungen hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Arbeitens und unterstützt so die individuell notwendige Syntheseleistung: aus den verschiedenen Facetten naturwissenschaftlichen Arbeitens eine belastbare und in unterschiedlichen Situationen verfügbare naturwissenschaftliche Grundbildung aufzubauen.

Naturwissenschaftliches Arbeiten – Aufgaben für die Fachschaft

Naturwissenschaftliches Arbeiten zur Akzentuierung des Unterrichts zu nutzen und naturwissenschaftliches Arbeiten mit den Schülerinnen und Schülern zu thematisieren bedeutet eine Veränderung des Fokus im Unterricht und es bedeutet auch eine Veränderung der Lehrerrolle. Eine solche Veränderung braucht Rückhalt, Weiterentwicklung, braucht eine stabile Basis. Dazu wird in der bereits mehrfach zitierten BLK-Expertise festgestellt, dass die Kooperation unter den Fachkolleginnen und -kollegen eine wichtige Bedingung darstellt, damit Veränderungen sich tragfähig entwickeln und Unterrichtsroutinen sich dauerhaft erneuern können.

Die Erfahrungen aus dem SINUS-Modellversuch und bei SINUS-Transfer (ab 2003) haben dies noch einmal eindrucksvoll bestätigt: Fast überall, wo sich ein Fachkollegium in der Mehrheit um gemeinsame Entwicklung bemüht, werden die Lehrerinnen und Lehrer mit mehr Arbeitszufriedenheit belohnt, rechnen sich zusätzliche Investitionen von Zeit und Energie nach kurzer Zeit und es mehren sich positive Rückmeldungen von Schülerseite und den Eltern. [9]

Eine Übersicht zu einfach zu initiiierenden Maßnahmen zur Stärkung der kollegialen Kooperation findet sich an anderer Stelle [2, S. 142 - 143]. Hier sollen einige Möglichkeiten aufgezeigt werden, die unmittelbar mit dem naturwissenschaftlichen Arbeiten im Zusammenhang stehen.

Arbeitsvorschläge für die Fachkonferenzen

Für die Schülerinnen und Schüler ist es um so leichter, im Laufe der Sekundarstufe I Kompetenzen im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens entwickeln, je besser das Vorgehen der drei naturwissenschaftlichen Fächer aufeinander abgestimmt ist. Bei z. B. halbjährlichen gemeinsamen Konferenzen können sich die Lehrkräfte darüber verständigen, in welchem Fach und in welcher Jahrgangsstufe bestimmte Akzente bzgl. des naturwissenschaftlichen Arbeitens gesetzt werden und welche Erfahrungen man in entsprechenden Unterrichtssequenzen bereits gesammelt hat. Praktisch hat sich gezeigt, dass solche Diskussionen zwischen den Teilfachschaften - vor dem Hintergrund der teilweise deutlich verschiedenen Fachtraditionen - umso ergiebiger sind, je konkreter die verhandelten Themen und die vereinbarten Ziele sind.

Ein erstes praxisbezogenes Thema für die Naturwissenschafts-Fachschaft kann die Frage nach gemeinsamen Vorstellungen von und Anforderungen an Gruppenarbeitsphasen sein, ebenso nach der Organisation von Schülerexperimenten oder nach dem Verhältnis von Alltagssprache und Fachsprache im Unterricht. Dabei muss es keineswegs primär um Festlegungen gehen, die sich womöglich später bei der Arbeit in der eigenen Klasse als hinderlich erweisen, sehr wohl aber um den Austausch von Sichtweisen und deren argumentative Untermauerung. Insoweit dabei doch elementare Regeln abgesprochen werden, etwa zur Form der Protokollführung, erleichtern diese nicht nur den Schülerinnen und Schülern, sich an bestimmte Verhaltensweisen zu gewöhnen, sondern schaffen auch zusätzliche Sicherheit für die Lehrkräfte.

Eine Möglichkeit des Einstiegs bietet auch ein **Planungsraster** wie das bei [10] vorgeschlagene. Dieses Instrument, ursprünglich gedacht für die Beschreibung der sukzessiven Entfal-

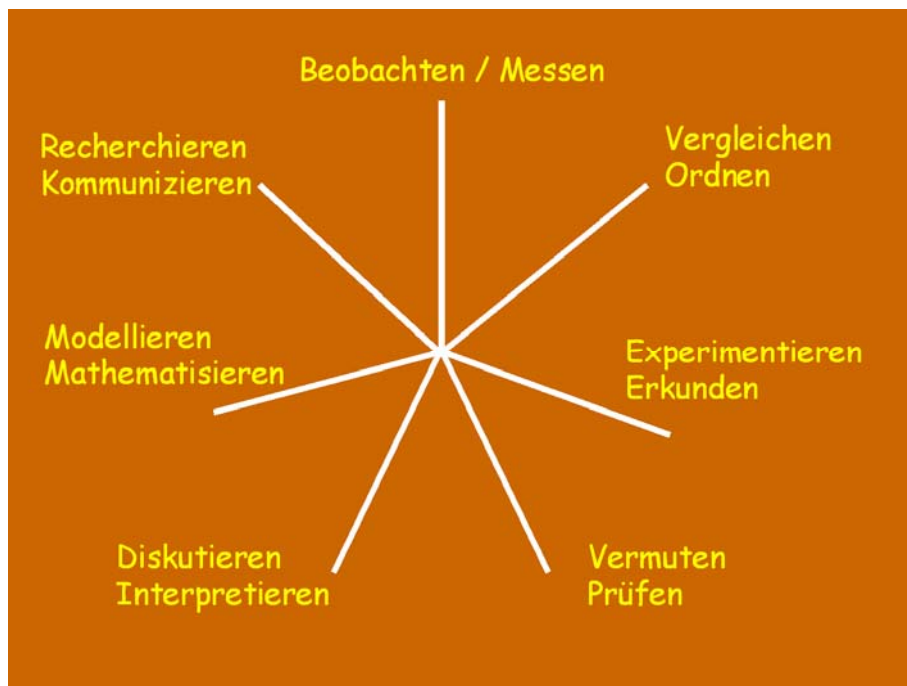
tung der Basiskonzepte der naturwissenschaftlichen Fächer, kann ebenso als Hilfe dienen für die Lokalisierung relevanter Unterrichtsinhalte, anhand derer denen die Schülerinnen und Schüler spezifische Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen machen können. Leitfragen könnten etwa lauten „In welchen thematischen Zusammenhängen können die Lernenden über die Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I hinweg Erfahrungen mit dem Ordnen machen?“ und „Welche Fächer bieten dazu besondere Möglichkeiten?“

ORDNEN	Voraussetzungen aus der Grundschule	Klassen 5 - 6	Klassen 7 - 8	Klassen 9 - 10
Präzisierung durch Erwartungshorizont				
Konkretisierung im Fach Bio / Phy / Che				
Methodische Überlegungen				
Beiträge anderer Fächer				

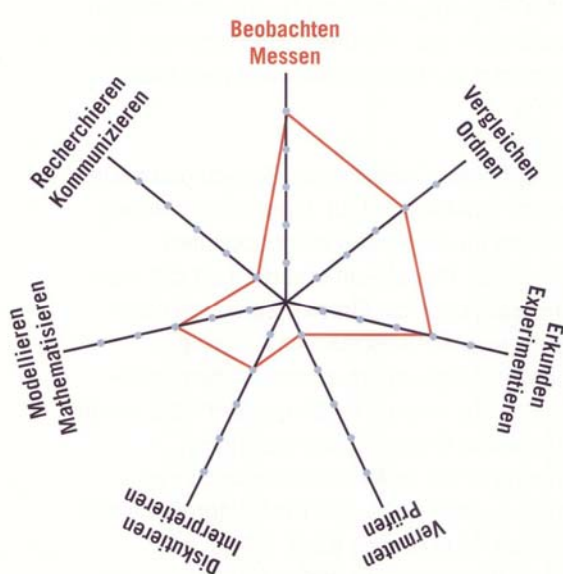
Ebenso wie man auf der Ebene der Basiskonzepte gemeinsam thematisieren kann, wie man den Modellbegriff und für eine naturwissenschaftlichen Grundbildung notwendige Modellvorstellungen über die Jahre der Sekundarstufe I hinweg einführen, differenzieren und in lebensweltlichen Kontexten verankern kann, ebenso können auch einzelne Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens über die drei Fächer hinweg ausgebreitet und mit geeigneten Unterrichtsinhalten verknüpft werden. Einen ähnlichen Zugang eröffnen auch die Beschreibungen der Kompetenzbereiche durch die Bildungsstandards, jedoch mit einem etwas veränderten Fokus. [11] Insbesondere im Zusammenhang mit dem Modellieren können Basiskonzepte wie der Energiebegriff, das Wechselwirkungskonzept oder die Vorstellung von Systemen hier Bedeutung gewinnen.

Eine Orientierung der gemeinsamen Arbeit an den Elementen des naturwissenschaftlichen Arbeitens kann für eine Fachschaft auch in dem Sinn befruchtend wirken, dass die Diskussionen im Kollegenkreis eine neue Basis erhalten. Die mit dem Fokus auf naturwissenschaftliches Arbeiten verbundenen Veränderung der Perspektive wirkt dem oft lähmenden Schlagabtausch („Das mache ich aber schon immer so!“) entgegen und eröffnet eine neue Argumentationsebene, auf der eine Verständigung leichter und Kompromisse wahrscheinlicher werden („Mir ist der Gegenstand X wichtig, weil die Schülerinnen und Schüler daran erfahren können, wie man in den Naturwissenschaften eine Hypothese formuliert / mathematisiert / durch Vergleich mit einer Einheit misst“).

In der *Einzelfachschaft* kann als Instrument zu einer ersten Reflexion der Bedeutung naturwissenschaftlichen Arbeitens im Unterricht die **Analyse-Spinne** eingesetzt werden. [2, S. 9]



Jede der Achsen entspricht einer naturwissenschaftlichen Arbeitsform, zugleich stellen die Speichen Skalen dar, auf denen die (geschätzte) Ausprägung des betreffenden Aspekts naturwissenschaftlichen Arbeitens abgebildet werden kann; je größer die Bedeutung einer Arbeitsform für das jeweilige Unterrichtselement ist, desto weiter außen kann eine Markierung auf der Achse angebracht werden. Verbindet man dann alle Markierungen, so erhält man das bekannte Spinnennetz-Bild, das sich auch in anderen Zusammenhängen für eine schnelle Analyse und Darstellung als geeignet erwiesen hat.



Eine entsprechende Analyse des oben skizzierten Beispiels zur Einführung der Einheit „1 Milka“ führt zu einem Graphen wie nebenstehend abgebildet [2, S. 24]. Erkennbar liegt der Hauptakzent auf dem Messen (und Beobachten), aber auch das Vergleichen und das Experimentieren spielen eine wichtige Rolle.

Das Instrument eignet sich dabei ebenso zur Charakterisierung von Aufgaben oder Einzelstunden wie von ganzen Unterrichtszyklen hinsichtlich ihrer Anforderungen an die Lernenden. Wenn man in der Rückschau – oder

besser aktuell nach jeder Stunde oder Doppelstunde – den Unterricht zu einem Großthema gemäß dem durch die Achsen gegebenen (veränderbaren!) Analyseraster einschätzt, z.B. mit

der Bewertung der Ausprägung einer Arbeitsform zwischen 1 und 5, dann nach Halbjahresende Mittelwerte bildet und diese in eine Spinne einträgt, so erhält man eine anschauliche Rückmeldung und möglicherweise einen Anhaltspunkt dafür, welche Aspekte im Unterricht vielleicht zu kurz gekommen sind.

Die sich ergebenden Figuren sind nicht nur qualitativ aussagekräftig, sondern können wegen ihrer optischen Prägnanz auch als Diskussionsgrundlage in der Fachschaft herangezogen werden. An Hand konkreter Unterrichtsauswertungen kann man sich gemeinsam die Frage stellen, in welchem Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeiten eine Intensivierung sinnvoll wäre und woran man anschließend etwa gemeinsam arbeiten könnte.

Eine weitere praxiserprobte Maßnahme ist die **Bildung von Tandems**. Zwar erlauben Stundenplan und Arbeitsbelastung in den wenigsten Fällen die gemeinsame Durchführung von Unterricht, Tandems können dennoch die Unterrichtsarbeit erleichtern. Wenn sich zwei Lehrkräfte mit ähnlicher Stundenverteilung zusammentun, können sie in weitergehender Kooperation auch größere Elemente ihres Unterrichts gemeinsam planen und gegenseitig begleiten. Ähnliches hat es zwar schon immer gegeben, aber es ist dabei wie mit dem Reden über das naturwissenschaftliche Arbeiten: Erst die Metakommunikation verleiht einer bestimmten Kooperationsform ihre besondere Bedeutung. Die Bildung von Tandems gehört darum nicht nur in die Privatsphäre der beteiligten Lehrkräfte, sondern in die Öffentlichkeit der Fachkonferenz.

Tandems sind auch eine gute Basis für **gegenseitige Hospitationen**. Das während der gemeinsamen Vorbereitung erarbeitete Vertrauen erleichtert es erheblich, die Klassentür für den Kollegen oder die Kollegin zu öffnen und nach dem Unterricht ein Feedback zur eigenen Unterrichtsarbeit zu bekommen. Die gemeinsame Ausarbeitung verhindert schon im Ansatz Kommentare wie „Das hätte ich ganz anders gemacht“; günstig ist außerdem, vor dem Unterrichtsbesuch zu verabreden, was genau der Zuschauer beobachten soll und wozu man selbst gerne eine Rückmeldung hätte. Auf diese Weise vermeidet man Antworten auf ungestellte Fragen und der Beobachter kann sicher sein, dass seine Anmerkungen auch wirklich erwünscht sind. Im Kontext von naturwissenschaftlichem Arbeiten und dessen Akzentuierung im Unterricht können z.B. Feedback-Fragen wie die folgenden vereinbart werden:

- Ist den Schülerinnen und Schülern deutlich geworden, dass es mir um das Vermuten / Erkunden / ... ging?
- Hatten sie hinreichend Möglichkeiten, diese Art naturwissenschaftlichen Tuns auszuführen?
- Habe ich hinreichend herausgestellt, welche Bedeutung dieser Aspekt naturwissenschaftlichen Arbeitens hat?

Einen Einstieg in die gemeinsame Arbeit bietet auch die **Entwicklung von Aufgaben**. In der Regel wird bei der Verschriftlichung mehr als beim Reden-Über deutlich, welche Anforderungen man mit einer bestimmten Aufgabe an die Lernenden stellt. Solche gemeinsam entwickelten Aufgaben dienen aber auch der Verständigung untereinander im Fachkollegium. In der Regel ist das je individuelle Verständnis dessen, was man unter Beobachten, Kommunizieren, Experimentieren usw. versteht, sehr unterschiedlich. Die Formulierung von Aufgaben bietet hier einen wenig von Konkurrenz geprägten Raum für das gegenseitige Verständnis und gemeinsam formulierte Ziele.

Die Arbeit an und die Ausarbeitung von Aufgaben kann ihre Wirksamkeit aber noch in anderer Weise entfalten. Aufgaben sind ja auch ein Element der Unterrichtsgestaltung; mit ihrer Hilfe kann das Lernen teilweise den Schülerinnen und Schülern überantwortet werden. In dieser Funktion sind Aufgaben geeignet, die Methodenvielfalt des Unterrichts zu unterstützen und gleichzeitig die Akzentuierung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu befördern. Beispiele für entsprechende Aufgaben finden sich in [12, 13, 14].

Nachhaltig wirksam sind Aufgabenstellungen für die Partner- oder Gruppenarbeit, bei denen die Schüler aufgefordert sind, selbst Vorschläge für die experimentelle Überprüfung einer Fragestellung zu entwickeln. Dabei wird zum einen Vorwissen aktiviert, zum anderen müssen sich die Lernenden intensiv mit dem betreffenden Problem auseinandersetzen. So kognitiv aktiviert können sie gezielt auf Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens zurückgreifen und schließlich einen Vorschlag ausarbeiten, den sie dann auch präsentieren. Geeignete Themen und Probleme für ein solches Vorgehen zu identifizieren ist eine gute Übung für eine Fachschaft und zudem ein gemeinsamer Schritt auf dem Weg zu einem Verständnis dessen, was naturwissenschaftliches Arbeiten für den Unterricht bedeuten kann.

Eine wichtige Nebenabrede sollte dabei sein, dass beim nächsten Mal ein Austausch über die gemachten Erfahrungen mit entwickelten Aufgaben stattfindet. Nur wenn Positives ebenso wie Negatives zur Sprache kommen, wird man gemeinsam weiter entwickeln können; ein hilfreiches Mittel zur Dokumentation und zur Selbstvergewisserung über das Erreichte kann ein Portfolio sein, das gemeinsam in der Fachschaft geführt wird und sich aus den Beiträgen der einzelnen Lehrkräfte speist sowie aus den Ergebnissen der gemeinsam geführten Diskussionen.

Fortgeschrittene – kooperationserprobte – Fachschaften können zügiger vorankommen, wenn sie sich ein **Arbeitsprogramm** geben und dieses möglichst eindeutig verfolgen.

- Vergewisserung: Was machen wir bereits?

Fachbezogen und fachübergreifend kann ein Fachkollegium eine Bestandsaufnahme durchführen und solche Unterrichtsinhalte bzw. Aufgaben zusammenstellen, die sich als geeignet für die Akzentuierung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen herausgestellt haben. Zur Analyse von weiteren Unterrichtssequenzen kann dann z.B. die oben beschriebene Analysenspinne verwendet werden. Damit kann auch festgestellt werden, welche Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens im laufenden Unterricht bereits in merklichem Umfang repräsentiert sind (und welche es zu verstärken gilt).

- Entwicklungsziele: Was sollten wir verstärken?

Meist zeigt sich bei der Bestandsaufnahme, dass das Experimentieren mit deutlichem Gewicht im Unterricht vertreten ist, dass sich oft sogar der ganze Unterricht um das Experiment herum gruppiert. Aber nicht jedes Experimentieren bedeutet auch eine Lerngelegenheit für die Schülerinnen und Schüler. Hier kann die Arbeit ansetzen mit der Frage, wie die üblicherweise durchgeführten Experimente in ein Konzept der Akzentuierung naturwissenschaftlichen Arbeitens eingebunden werden können. In bestimmten thematischen Zusammenhängen können z.B. Demonstrationsexperimente durch Schülerversuche ersetzt werden, an anderer Stelle können die Lernenden selbst eine Versuchsanordnung entwerfen. Von besonderer

Wichtigkeit ist die Frage, wie die Schülerinnen und Schüler möglichst unmittelbar und in der Mehrzahl in die Entwicklung einer Vermutung und deren experimentelle Überprüfung einbezogen werden können.

Es hat sich bewährt, zunächst gemeinsam Listen von häufig durchgeführten Experimenten zusammenzustellen und dann mit der Abarbeitung an den Beispielen zu beginnen, mit denen Kolleginnen bzw. Kollegen bereits entsprechende Erfahrungen im Sinne von Schüleraktivierung gesammelt haben. Ebenso wichtig wie die Planung und Umsetzung veränderter Unterrichtselemente ist auch hier die Rückmeldung der Erfahrungen in die Fachschaft.

- Unterrichtsziele: Was sollen unsere Schülerinnen und Schüler überhaupt lernen?

Übergreifende und umfassende Zielfragen begleiten einen Veränderungsprozess in jeder Phase. Am Beginn steht sicher eine erste Auseinandersetzung mit den möglichen Parametern der Entwicklung und eine Vergewisserung über die Ziele auf der allgemeinsten Ebene: Dass man gemeinsam am Projekt „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ arbeitet, dass Lernen ein aktiver Prozess ist und man dafür geeignete Situationen und Bedingungen schaffen muss, dass die kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler eine zentrale Dauerforderung ist und dass sich auch die Lehrerrolle vom Vermittler zum Organisator von Lernprozessen verändern muss. Die ganze Bedeutung dieser Zieldimensionen erschließt sich aber erst im Verlauf eines längeren Entwicklungsprozesses.

Für die Arbeit in der Fachschaft kann ein Erfolg versprechender Weg so aussehen, dass nach Phasen der konkreten Auseinandersetzung mit Unterrichtsinhalten und -methoden, der Umgestaltung einzelner für das naturwissenschaftliche Arbeiten bedeutsamer Lernsituationen wieder der Bezug zu den Globalzielen hergestellt wird. Wenn dann entsprechende praktische Erfahrungen vorliegen, bekommt die Frage, wie man die einzelnen Elemente in ein System von Kompetenzentwicklung einbetten kann, eine neue Relevanz. Besonders die Vorstellungen von „Naturwissenschaftlicher Grundbildung“ präzisieren sich in einem solchen Prozess erst im Lauf der Zeit.

Ähnliches gilt auch für die **Veränderung der Lehrerrolle**: Neue Erfahrungen mit zunächst kleinformatischen Ansätzen im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens ermutigen dazu, andere Rollen auszuprobieren.

Wenn man in der Fachschaft zur Erarbeitung des Hebelgesetzes gemeinsam eine offene Experimentiersituation konzipiert hat – „Stellt auf möglichst viele Weisen mit dem zur Verfügung gestellten Material Gleichgewicht her!“ [15] – und statt der befürchteten Durcheinanders machten die Schülerinnen und Schüler interessante Entdeckungen und versuchten anschließend, ihre Erfahrungen zu systematisieren, dann kann ein entsprechender Bericht in der Fachschaft mehr bewirken, als die gemeinsame Durcharbeitung eines theoretisch gut begründeten Papiers.

Wenn sich in diesem Sinn Phasen der gemeinsamen Planung, der Erprobung und der Rückbeziehung auf die übergreifenden Entwicklungsziele abwechseln und ergänzen, mit gelegentlichen Blick auf die durch PISA und die Bildungsstandards veränderten Randbedingungen, dann kann es im weiteren auch gelingen, Naturwissenschaftliche Grundbildung konkret werden zu lassen, durch Schüleraktivierung, Bezug auf Alltagskontexte und gezielte Unter-

stützung der Kompetenzentwicklung bei den Lernenden. Auf dieser Basis fällt es dann auch zunehmend leichter, das naturwissenschaftliche Curriculum als Ganzes in den Blick zu nehmen und den Blick dafür zu entwickeln, wie die einzelnen Fächer beitragen können zu einer belastbaren Entfaltung von Kompetenzen im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens.

Literatur

[1] BLK (Hrsg.): Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Heft 60. Bonn 1997

[2] R. Duit, H. Gropengießer, L. Stäudel (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5 – 10. Seelze 2004

[3] Übersichten zu den SINUS Modellversuchen finden sich unter:
<http://blk.mat.uni-bayreuth.de/indexblk.html> sowie
http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/blk_prog/blkstefr.htm (Juli 2005)

[4] Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.). PISA 2000 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen 2001

[5] L. Stäudel, B. Werber, T. Freiman: Lernbox: Naturwissenschaften. Naturwissenschaften - Verstehen und Anwenden. Seelze 2002

[6] Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht Chemie, Heft 76/77 (2003), darin bes. die Beiträge von T. Freiman (S. 65 - 66), L. Stäudel (S. 67 - 70), A. Gerdes (71 – 75)

[7] Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht Physik, Heft 74 (2003). Darin bes. die Beiträge von M. Komorek, R. Duit, H. Stadler (S. 30 - 31), S. Mikelskis-Seifert, A. Leisner (S. 32 – 33)

[8] Naturwissenschaften verstehen. Lernchancen, Heft 42 (2004). Darin bes. die Beiträge von L. Stäudel (S. 44 – 47), SINUS NaWi Hessen (S. 45 – 50)

[9] H.-G. Sauer, U. Erley-Vonberg: Kollegiale Kooperation. Ein Kollegium erprobt die Zusammenarbeit. In: [8], S. 52 – 56

[10] U. Klinger: Mit Bildungsstandards Unterrichts- und Schulqualität entwickeln. In: Standards. Unterrichten zwischen Kompetenzen, zentralen Prüfungen und Vergleichsarbeiten. Friedrich Jahresheft XXIII (2005), Seelze, S. 130 ff., hier S. 143

[11] Die Online-Versionen der Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer finden sich unter <http://www.kmk.org/schul/home.htm>

[12] Aufgaben. Unterricht Physik, Heft 67 (2002)

[13] Aufgaben – Lernen organisieren. Unterricht Biologie, Heft 287 (2003)

[14] Aufgaben. Unterricht Chemie, Heft 83 (2004)

[15] SINUS-Projektgruppe Naturwissenschaften Hessen: Selbstständig Verstehen entwickeln. Aufgaben als Freiräume für das eigene Denken. In: H. Ball u. a. (Hrsg.): Friedrich Jahresheft XXI – Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Seelze 2003, S. 119 – 121