

# Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Arbeiten bei Projektarbeit und forschendem Lernen

Bei der Arbeit im Schülerforschungszentrum Nordhessen steht nicht allein das naturwissenschaftliche Fach im Vordergrund, sondern auch die Möglichkeit des Kompetenzerwerbs im Team. Nach einer kurzen Vorstellung des Forschungszentrums soll die enge Verflechtung zwischen konstruktivistisch orientiertem Arbeiten und Kompetenzerwerb diskutiert werden. Die Gestaltung eines Forschungsprojektes wird geschildert und es werden Möglichkeiten der Übertragung auf den Regelunterricht gezeigt.

## 1. Projektarbeit und forschendes Lernen im Schülerforschungszentrum Nordhessen

Das Schülerforschungszentrum Nordhessen (SFN) geht aus dem im Januar 2002 im Rahmen der Kinder- und Jugendakademie des Staatlichen Schulamts gegründeten PhysikClub hervor. Es steht Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 bis 13 aller nordhessischen Schulen zur Verfügung. Bisher können die Schülerinnen und Schüler in zwei aufeinanderfolgenden Zeitschienen getrennt nach Klassenstufen (JuniorPhysikClub für die Klassen 5 bis 7, PhysikClub für die Klassen 8 bis 13) in den Räumlichkeiten der Albert-Schweitzer-Schule ihre Forschungsprojekte durchführen. Im Schuljahr 2009/10 lagen die Anmeldungen für die Jahrgangsstufen 5 bis 7 bei 120 Kindern, 65 davon konnten genommen werden. Aus den Jahrgangsstufen 8 bis 13 konnten alle 110 angemeldeten Jugendliche auch ein Projekt beginnen. Mit dem momentan in der Planung befindlichen Neubau des SFN wird eine Umstrukturierung der Altersgruppen stattfinden. Für Kinder der Klassen 5 und 6 ist ein Angebot an Projekten aus den MINT Fächern sowie der Astronomie geplant, in denen durch forschendes Lernen erste Erfahrungen im eigenständigen Arbeiten gemacht werden können. Erste authentische Forschungsprojekte werden dann für Teams aus den Jahrgangsstufen 7 und 8 angeboten. Ab Klasse 9 steht dann die eigenständige Erforschung naturwissenschaftlich-technischer Fragestellungen im Vordergrund. Zur Zeit gibt es 65 Projekte aus den Bereichen Physik, Astrophysik, Chemie, Geographie, Biologie, Informatik und Technik. Arbeiten für den Wettbewerb „Schüler experimentieren“ und „Jugend forscht“ werden betreut und gefördert.

Die meisten der Schülerinnen und Schüler sind „nur“ an der Arbeitsatmosphäre und den Inhalten interessiert, trotzdem wendet sich das Angebot auch an besonders begabte oder hochbegabte Jugendliche. Nur ganz wenige der Schülerinnen und Schüler kommen mit einer für die Projektarbeit ausreichenden Kompetenz, die meisten entwickeln erst die notwendigen Kompetenzen während ihrer mehrjährigen Mitarbeit.

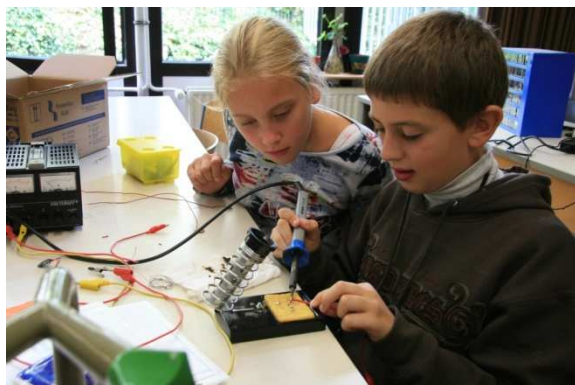


Abb.1: Erste Lötversuche



Abb.2: Bau eines Radioteleskops

Da die Forschungsprojekte bis zu drei Jahren dauern und durch hohen fachlichen Anspruch geprägt sind, sowie oft auch fächerübergreifende Themen beinhalten, werden Kompetenzen gefördert, die einen Einstieg in ein naturwissenschaftliches Studium erleichtern. Dies ist durch zahlreiche Absolventen des PhysikClubs belegt, die nach ihrer Schulzeit erfolgreich ein naturwissenschaftliches Studium durchführen. Einige dieser Studenten arbeiten momentan auch als Fachberater im SFN und geben so ihre Erfahrungen an die nachfolgenden Schülerinnen und Schüler weiter (Alumni-Konzept).

Bisher wurden 35 Arbeiten für „Jugend forscht“ betreut, die überdurchschnittlich viele Auszeichnungen (Landes- und Bundessiege) aus allen Fachbereichen erhielten. 21 besondere Lernleistungen und 21 Arbeiten für „Schüler experimentieren“ sind ebenfalls im Schülerforschungszentrum entstanden. Das Konzept selbst, das auf eine konstruktivistische Lehr-Lern-Theorie aufgebaut ist, wurde mit allen bundesweiten Auszeichnungen gewürdigt.

Die Leitung liegt bei StD Klaus-Peter Haupt (Studienseminar für Gymnasien), etwa 20 Mitarbeiter (Lehrkräfte, studentische Mitarbeiter) arbeiten als Berater für die Teams. Eine Zusammenarbeit gibt es mit der Universität Kassel, dem Unternehmerverband Nordhessen, dem astronomisch-physikalischen Kabinett und dem Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V., die Max-Eyth-Schule stellt Werkstätten und Fachkollegen zur Verfügung.

Die abgeordneten Lehrkräfte kommen aus 8 nordhessischen Schulen, die Teilnehmer/innen aus über 22 verschiedenen Schulen.

Entscheidend am Konzept des SFN ist, dass keine vorgefertigten oder durchgedachten Experimente angeboten werden, sondern dass sich alle Jugendlichen eigene Schwerpunkte und Fragestellungen suchen müssen, die sie dann eigenverantwortlich und mit selbst entwickelten Experimenten bearbeiten.

## **2. Was sind Kompetenzen?**

Kompetenzen sind die verfügbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten um bestimmte fachliche Probleme zu lösen, gemeinsam mit den damit verbundenen Fähigkeiten sich zu motivieren, sich willentlich zum Erwerb der Fähigkeiten und deren Anwendung zu entscheiden und den sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten das Erlernte in verschiedenen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll zu benutzen (nach Weinert, 2001).

Der Begriff Kompetenz richtet sich gegen eine Praxis des Lernens, in der es nur um den Erwerb von Wissen und Fakten geht ohne Vernetzungen und ohne Bezug zu Anwendungen und zu den Lernenden und deren emotionalen und sozialen Bedürfnissen.

Auf die sog. Schlüsselqualifikationen aufbauend lassen sich vier Kompetenzbereiche angeben:

- Selbstkompetenz:  
Entwicklung von Selbstständigkeit, der Fähigkeit zur Selbsteinschätzung und einer am Lernprozess orientierten Reflexionsfähigkeit.
- Sachkompetenz:  
Wissen wird erfasst, strukturiert und genutzt.
- Methodenkompetenz:  
Unterschiedliche Methoden werden inhalts- und situationsgebunden erfolgreich erworben, angewandt und reflektiert.
- Sozialkompetenz:  
Kooperative Zusammenarbeit im Team, mit Beratern, anderen Teams und Wissenschaftlern werden trainiert und dabei eine Fähigkeit zur konstruktiven Kommunikation entwickelt.

### 3. Einordnen in die konstruktivistische Lehr-Lern-Theorie

In einem konstruktivistisch orientierten Unterricht steht nicht der Lehrer mit seiner Methode und seinem Sachverständnis und seiner Lernstruktur im Vordergrund, sondern die Lernenden mit ihrer individuellen Vorerfahrung. Das Lernen ist ein aktiver, selbst konstruierter und selbst verantworteter Prozess: Wissen kann nicht übernommen werden, es muss selbst konstruiert werden.

Das ist ein tragendes Prinzip der Arbeit im PhysikClub. Es gibt dort keine Lehrer, sondern nur Berater auf gleicher Augenhöhe mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern.

„Hilf mir es selbst zu tun“ (Montessori) lautet das Prinzip der Betreuung.

Dazu gibt es Leitlinien für Berater und Teilnehmer/innen: (<http://www.physikclub.de/informationen-uber-den-physikclub/leitlinien-unserer-arbeit/leitlinien-teilnehmer-innen/>)

bzw.

<http://www.physikclub.de/informationen-uber-den-physikclub/leitlinien-unserer-arbeit/leitlinien-fur-mitarbeiter-und-berater/>)

Im Folgenden sind einige Aspekte genannt, durch die sich konstruktivistisch orientierter Unterricht auszeichnet:

- Das zu erwerbende Wissen muss unmittelbar an das Vorverständnis anknüpfen.
- Das zu erwerbende Wissen wird erst in der eigenen Alltagssprache erfasst, die dann schrittweise zur Fachsprache oder gar mathematisch-formalen Beschreibung erweitert wird.
- Die Verantwortung für den Lernprozess übernehmen die Lernenden selbst. Kontrollen und Vorgaben durch die Lehrenden werden stetig zurückgezogen. Lehrer werden zu Lernberatern. Die Lernenden arbeiten in Teams oder Lernpartnerschaften zusammen.
- Die zu lernenden Inhalte haben einen Bezug zu den Lernenden (Alltagsbezug, authentische Probleme, persönliches Interesse, das Projekt ist zum eigenen Projekt geworden). Das erworbene Wissen ist somit für die Lernenden bedeutungsvoll.
- Kooperative Arbeitsformen spielen einen wesentlichen Beitrag für das Lernen: Gespräche und Diskussionen der Lernenden untereinander, allenfalls mit Moderation durch den Lernberater, tragen zum Wissenserwerb und zur Entwicklung einer Selbstkompetenz bei.
- Lern- und Bewertungsphasen sind deutlich voneinander getrennt.
- Die Lernenden entwickeln eine Methodenkompetenz, d.h. sie können unter verschiedenen Verfahren zum Wissenserwerb und zur Problemlösung adäquat auswählen. Diese Methodenkompetenz ist in metakognitiven Gesprächen mit dem Lernberater entwickelt und geschult worden.
- Konstruktivistischer Unterricht lebt von der Methodenvielfalt bei Lehrenden und Lernenden und der Nutzung vielfältiger Zugänge und Wahrnehmungskanäle.
- Emotionale Zuwendung zum Lerninhalt und zum Lernverfahren ist ein wesentlicher Bestandteil des Konstruktionsprozesses.

Fazit: In einem konstruktivistisch orientierten Unterricht oder Lernen werden alle genannten Kompetenzen erworben und trainiert. Kompetenzorientiertes Unterrichten setzt ein konstruktivistisch orientiertes Lehren und Lernen voraus.

#### 4. Lernarrangements im Forschungszentrum, die den Kompetenzerwerb fördern

Bei der Arbeit im Forschungszentrum wird auf die folgenden Aspekte geachtet, die zu kompetenzfördernden Lernarrangements führen:

- Die Lernenden erhalten Freiräume für differenziertes und individualisiertes Lernen und können diese Freiräume auch nutzen: Jedes Team legt die Tiefe der eigenen Erkundung und den fachlichen Anspruch selbst fest.
- Sie lernen mit und von Anderen.
- Sie erhalten qualitativ hochwertige Angebote, die sie herausfordern und kognitiv aktivieren.
- Sie werden zum Kommunizieren und Reflektieren angeleitet. Die Fähigkeit zu Kooperation und Teamarbeit wird gefördert (durch Teamabsprachen, durch fachliche Diskussionen mit Beratern und Wissenschaftlern, durch fachliche Auseinandersetzungen)
- Sie lernen möglichst selbstständig. Sie bestimmen das Vorgehen des Teams, besprechen es mit den Beratern und hinterfragen es nach methodischen und sachlichen Kriterien.



Abb.3: Tüfteln im Junior-PhysikClub



Abb.4: Beratungsgespräch

- Sie lernen handlungsorientiert (Entwickeln und Aufbauen eines Experimentes, Erstellen einer Präsentation) und anwendungsorientiert (echte Forschungsfragen, Produktentwicklung). Die Sachkompetenz der Lernenden wird gestärkt, weil sie ihr (eigenständig) erworbenes Wissen als Instrument der Problemlösung und der Bewältigung von Herausforderungen benutzen.
- Lerngruppen aus den Klassen 5 bis 7 arbeiten mit forschendem Lernen, d.h. sie entwickeln Sachkompetenz anhand komplexer Problemstellungen, sie erforschen (schon bekannte) Zusammenhänge.
- Es werden bedeutsame und komplexe Aufgabenstellungen bearbeitet, die eine große Praxisnähe haben und aus der gemeinsamen Teamarbeit entstehen. Es kommt zur Verknüpfung von Teilwissen aus unterschiedlichen Wissensgebieten.
- Lern- und Bewertungssituationen sind getrennt (Ausnahme: Bewertung durch eine externe Jury bei der Teilnahme an Wettbewerben), d.h. es findet keine Bewertung statt. Selbst wenn die Jugendlichen sich die Arbeit im PhysikClub als Wahlunterricht anrechnen lassen, gibt es keine Bewertung sondern nur ein Zertifikat.
- Der Forschungs- und Erarbeitungsprozess wird hinterfragt und bewusst wahrgenommen. Die Berater motivieren und helfen beim Strukturieren.
- Das eigene Lernen wird auch für Hochbegabte an anspruchsvollen Inhalten erfahren und reflektiert.
- Kompetenzerwerb ist ein längerfristiger Prozess. Dem tragen die auf mindestens ein Jahr ausgelegten Projekte Rechnung.

## 5. Förderung von Kompetenzen im Projektablauf

Am Ablauf von typischen Projekten im Forschungszentrum soll die Möglichkeit des Kompetenzerwerbs dargestellt werden:

Projektbeginn:

In der Regel suchen sich die Jugendlichen ein sie interessierendes Rahmengenbiet aus und bilden dann, oft auch Jahrgangs - und schulübergreifende, Teams. Sie lernen aus Ideen und Informationen ein Thema einzugrenzen und zu strukturieren. Sie müssen sich dabei untereinander, mit ihrem Berater und eventuell mit außenstehenden Wissenschaftlern auseinandersetzen. Konventionelle Problemlösungen und Handlungsoptionen zur Lösung der Probleme werden erarbeitet, angewandt, evaluiert und kritisch im Team und mit Beratern diskutiert. Dadurch wird das Problemfeld vertieft, theoriegeleitet untersucht, forschend erlernt und auf eine selbstbestimmte Forschungsaufgabe fokussiert.

Erst dann werden notwendige Apparaturen entwickelt, Bauteile zusammengestellt und die Finanzierung mit Beratern oder Sponsoren abgesprochen.

Projektdurchführung:

Nach Monaten entsteht so schließlich ein Versuchsaufbau, mit dem erste Experimente durchgeführt werden. Diese Messdaten müssen dann evaluiert und kritisch hinterfragt werden. In dieser, ebenfalls lange andauernden Phase, werden neue Fragestellungen und Ideen entwickelt. Eine vertiefende Einbeziehung von Modellen und theoretischen Aspekten erweitert die Experimente und führt zu neuen, eventuell kontroversen, Ergebnissen.

Diese ständige Auseinandersetzung zwischen Theorie und Praxisbezug, eigenen Hypothesen und verschiedenen Vorstellungen im Team trainiert die fachliche, methodische und soziale Kompetenz.

Es werden aber auch Kompetenzen entwickelt, die mit der eigentlichen fachlichen Problemstellung nicht unmittelbar in Verbindung stehen:

Die Jugendlichen müssen ihren Arbeitsprozess organisieren, sich die Zeit einteilen und auf die Abschlusspräsentation (oder den Wettbewerb) hinarbeiten. In diesem Bereich besitzen sie in der Regel wenig Grunderfahrung (Wann dürfen sie im Schulalltag einen längeren Lern- und Erarbeitungsprozess selbst steuern? Wie oft erhalten sie die Gelegenheiten Halbjahresarbeiten anzufertigen?). Im Forschungszentrum müssen die Berater an dieser Stelle Hilfen geben und gemeinsam mit dem Team auch daraus resultierende Motivationsprobleme lösen.

Berater lassen den Teams Zeit, d.h. sie sollen selbst Erfahrung mit der Arbeits- und Zeiteinteilung sammeln können, dabei ist auch eine negative Erfahrung sehr lehrreich. Natürlich dürfen Teams nicht im Stich gelassen werden und natürlich greifen die Berater behutsam ein, wenn die Probleme für die Beteiligten offensichtlich geworden sind: Man muss lernen Wichtiges von Unwichtigem, zielführendes Vorgehen von unstrukturiertem Probieren zu unterscheiden und die dafür notwendigen Unterscheidungskriterien zu entwickeln.

Projektende:

Schließlich kommt die Endphase des Projektes, manchmal erst nach zwei Jahren: Das Forschungsprojekt wird Fachleuten und einer interessierten Öffentlichkeit auf unterschiedlichem fachlichem Niveau präsentiert. Die eigenen Forschungsergebnisse werden vertreten und verteidigt. Bei Teilnehmern von „Jugend forscht“ und „Schüler experimentieren“ werden Facharbeiten angefertigt, Poster - Präsentationen vorbereitet, Teile des Experimentes vorgeführt und die Ergebnisse vor Fachleuten verteidigt. Aber alle präsentieren in einer öffentlichen Veranstaltung ihre Projekte.



Abb.5: Messung zur Erzeugung von Sand-Jets    Abb.6: Präsentation bei Jugend forscht

Durch die folgenden Leitlinien für unsere Berater versuchen wir die Gratwanderung zwischen Loslassen und Betreuen zu meistern:

- Unser Ziel ist es, die Autonomie unserer Teams zu unterstützen und zu fördern.
- Wir sind nicht Lehrer, sondern unsere Teams sind ihre eigenen Lehrer, die wir beim Lernprozess beobachten und unterstützen. Dazu arbeiten Berater "auf gleicher Augenhöhe" mit den Teams, in freundschaftlicher und kameradschaftlicher Umgangsform, die aber sachliche Kritik nicht ausschließt.
- Wir erarbeiten mit den Teams mögliche Ziele und mögliche Wege, aber ohne diese festzulegen. Das müssen wir den Teams überlassen!
- Wir motivieren die Teams, den Anteil echter Arbeits- und Lernzeit zu erhöhen. Wir erwarten aber auch von ihnen, dass sie ohne Kontrolle aus Eigenverantwortung heraus gezielt an ihrem Projekt arbeiten.
- Unsere Beratungen sind problemorientiert und enthalten viele Impulse, eigene Fragen in den Teams zu entwickeln.
- Wir regen die Teams zu innerer Kooperation und Kommunikation an.

## 6. Kompetenzorientiertes Unterrichten

Viele der Möglichkeiten zur Kompetenzentwicklung, wie sie im PhysikClub Kassel angewandt werden, bieten sich auch im Regelunterricht an:

- Der klassische an operationalisierten Lernzielen orientierte Unterricht verleitet dazu sich intensiv nur um den Wissenserwerb und weniger um eine intelligente Anwendung und Vernetzung des Wissens zu kümmern. Mit sinnvollen Übungs- und Anwendungsaufgaben, die in Teams bearbeitet und gelöst werden, kann dem entgegengesteuert werden.
- Kognitive Kompetenzen müssen durch Methodenkompetenzen ergänzt und erweitert werden: Lernende müssen Wissensbereiche vermehrt selbstständig und eigenverantwortlich erschließen. Sie müssen dabei die Sicherung des Wissens selbst übernehmen, das darf nicht mehr die Aufgabe des Lehrers sein: Die Tafel wird zum gemeinsamen Notizbuch, aber nicht mehr zum kompakten Lehrbuch. Merksätze oder Zusammenfassungen werden nicht diktiert, sondern von den Lerngruppen selbst entworfen und besprochen. Ergänzend zu diesem Methodentraining gehört aber auch das Mitschreiben von Vorträgen und von Gesprächen im angeleiteten Unterricht. Selbstredend werden diese Mitschriften in den Lerngruppen besprochen und verglichen und Schwierigkeiten im Unterrichtsgespräch hinterfragt. Behutsam sollte damit schon im Anfangsunterricht in der Mittelstufe begonnen werden.
- Die Entwicklung von Sozialkompetenz und Selbstkompetenz wird durch die Arbeit in Lernteams in das fachliche Lernen integriert. Wenn die Teams ihr Lernen und ihr Üben gemeinsam besprechen und hinterfragen, führen sie ihr Verständnis auf eigene Anstrengung und eigene Leistung zurück. Das motiviert und steigert die

Selbstkompetenz. Deshalb müssen kooperative Arbeitsformen verstärkt eingesetzt werden. In mehrjährigen Erprobungen im Mathematikunterricht der Mittelstufe habe ich vermehrt die Kontrolle der Hausaufgaben den Lernteams überlassen. Nach kurzer Zeit hatten die Teams Kompetenzen erworben, die dazu führten, dass ich immer weniger hinzugezogen wurde (und die Zeit für lernschwache Schüler verwenden konnte). Schließlich stellten sich die Teams ihre Hausaufgaben selbst. Sie waren kompetent genug ihr eigenes Üben und Sichern zu organisieren.

- Die Unterrichtsplanung einer Unterrichtsreihe berücksichtigt die Entwicklung aller Kompetenzen: Zu Inhalten können geeignete Kompetenzen gesucht werden und zu gewünschten Kompetenzentwicklungen können geeignete Inhalte verwendet werden. Lernkompetenzen können nur in engem Zusammenhang mit konkreten inhaltlichen Lernprozessen erworben und trainiert werden, sie müssen dabei kumulativ aufgebaut werden.
- Das im Unterricht erworbene Wissen muss bedeutungsvoll sein, d.h. u.a. auch für weiteren Wissenserwerb konstruktiv eingesetzt werden. Das in der Fachsystematik der Naturwissenschaften oft vorkommende „Lernen auf Vorrat“ sollte strikt vermieden werden.
- Der Unterricht muss sich an den Lernprozessen der Lernenden und nicht an den Verständnisstrukturen der Lehrenden orientieren. Die Lehrenden müssen deshalb unterschiedliche Zugangsmöglichkeiten und Lernarrangements anbieten.
- Fazit: Nicht der erklärende Lehrer sondern der lernende Schüler steht im Mittelpunkt des Unterrichts. Dazu gehört, dass auch die Lernmethode und die Unterrichtsmethode hinterfragt und mit den Lernenden besprochen werden!

Jede Lehrerin, jeder Lehrer sollte sich einmal die Chance geben die Schülerinnen und Schülern bei längeren eigenständigen anspruchsvollen Projekten zu beobachten und lernen sie als Partner zu akzeptieren. Das wirkt sich auf Planung und Durchführung des eigenen Unterrichts aus: Kompetenzförderung wird dann nicht zur Pflicht sondern zum natürlichen Anliegen aller am Unterricht Beteiligten.

Klaus-Peter Haupt

Studiendirektor am Studienseminar für Gymnasien und Ausbilder für das Fach Physik

Unterricht in Physik, Mathematik, Astronomie und Philosophie

Leiter des Schülerforschungszentrums Nordhessen / PhysikClub Kassel

