

ELKE SUMFLETH UND CHRISTIAN HENKE

## **Förderung leistungsstarker Oberstufenschülerinnen und -schüler im HIGHSEA-Projekt am Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven**

Encouragement of high-achieving students in upper secondary education at the Alfred-Wegener Institute, Bremerhaven

### ZUSAMMENFASSUNG

Das HIGHSEA-Projekt am Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven hebt sich durch die langzeitliche Anlage als Unterrichtsprojekt in deutlichem Maße von den zahlreichen Schülerlaboren und außerschulischen Lernorten ab. Für die vorliegende Evaluationsstudie wurde ein Prä-Posttest-Design mit einer nach kognitiven Fähigkeiten und Vorwissen parallelisierten Kontrollgruppe verwendet. Die Experimentalgruppe war am Untersuchungsende der Kontrollgruppe in den kognitiven Variablen *experimentell-naturwissenschaftliche Fähigkeiten*, *chemisches Fachwissen* und *naturwissenschaftliche Grundbildung* überlegen. Keine Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich bei der Interessenentwicklung und den zukünftigen Berufsvorstellungen.

**Schlüsselwörter:** Evaluationsstudie, HIGHSEA-Projekt, experimentell naturwissenschaftliche Fähigkeiten, außerschulische Lernorte

### ABSTRACT

The HIGHSEA-project, which is located at Bremerhaven's Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research, sets itself apart from numerous student labs and similar outside-the-classroom learning experiences insofar as it is designed as a long-term teaching project. The present evaluation study uses a pre-post-testdesign that employs an experiment and a control group, which are balanced in matched pairs with regard to prior knowledge and cognitive abilities. After the intervention, the experiment group was found to outperform the control group regarding science experimentation skills, chemical content knowledge, and scientific literacy. There were no differences observable between the groups as far as developing interest and professional ambitions were concerned.

**Keywords:** evaluation study, HIGHSEA-project, science experimentation skills, outside-the-classroom learning experience

## 1 Einleitung

In Deutschland sind in den letzten zehn Jahren eine Vielzahl von Schülerlaboren eingerichtet worden, die in der Regel intern evaluiert werden. Überwiegend wird ein Zuwachs an Motivation und Interesse bei den Teilnehmenden nach dem Besuch des Schülerlabors beschrieben (Brandt, Möller & Kohse-Höinghaus, 2003; Engeln 2004; Engeln & Euler 2004; Hüllen, Sumfleth & Rumann, 2003). Dies gilt auch für die Evaluationen im Rahmen des Projekts „Lernort Labor“ (kurz LeLa) (Engeln, Euler, Prenzel & Ringelband, 2003; Ringelband, Prenzel & Euler, 2001). Ergebnisse zu experimentellen Fähigkeiten oder zum Fachwissen der Schülerinnen und Schüler gibt es nicht.

Im Gegensatz zu den vielen ein- und mehrtägigen Besuchen an außerschulischen Lernorten bietet das HIGHSEA-Projekt (HIGHschool of Science and Education at the AWI) ein mehrjähriges Programm an. Es wird als Unterrichtsprojekt am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (kurz AWI) zur Förderung von naturwissenschaftlich besonders interessierten Oberstufenschülerinnen und -schülern mit ausgewählten Lehrkräften durchgeführt, die durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterstützt werden. Die zwischen dem AWI und dem Magistrat der Stadt Bremerhaven vereinbarten Ziele (Gatti 2005; Tönißen 2001) lauten:

- Stärkung des naturwissenschaftlichen Interesses
- Förderung der naturwissenschaftlichen Fähigkeiten

- Nachwuchsförderung mit Blick auf ein naturwissenschaftliches Studium

Die Kernidee dieses Unterrichtsprojekts ist die Gestaltung eines an Forschungsprojekten orientierten naturwissenschaftlichen Unterrichts, in den Englisch als Wissenschaftssprache integriert ist. Durch den Unterricht am AWI werden die Grundkurse in Chemie, Mathematik und Englisch und der Leistungskurs Biologie an den Oberstufenzentren in Bremerhaven ersetzt. Der Unterricht findet an zwei Wochentagen am AWI statt, die übrigen Bremerhavener Schülerinnen und Schüler der gleichen Jahrgangsstufe werden an diesen beiden Tagen in genau diesen Kursen an ihren Schulen unterrichtet. Die Unterrichtsinhalte entsprechen den Rahmenrichtlinien des Landes Bremen (Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen, 2002) und werden in fächerübergreifenden und fächerverbindenden Projekten in einem wissenschaftsnahen Kontext unterrichtet. Da nicht alle Pflichtthemen in die Projekte zu integrieren sind, werden einige in Form von sog. „Inseln“ als einzelne Fachblöcke separat unterrichtet. In der zeitlichen Abfolge wurden die Inhalte für die Projektarbeit vollständig neu sortiert und jeweils einer von vier großen Leitfragen untergeordnet (Tab. 1).

Im ersten Projekt wird z. B. der Einfluss der in das Wattenmeer eingeleiteten Nährstoffe auf das Ökosystem untersucht. Dazu wird in einem Langzeitmodellexperiment Wasser mit unterschiedlichem Nährstoffgehalt mit gleichen Mengen Algen geimpft. Über mehrere Monate werden biotische und abiotische Parameter

Tab. 1: Leitfragen für die Schulhalbjahre

Fragestellung	Jahrgang / Schulhalbjahr
<b>Lebensraum vor der Haustür – das Watt:</b> Ist das Ökosystem Wattenmeer gefährdet?	11/2 & 12/1
<b>Sonne – Leben – Energie:</b> Wie ist das Überleben an polaren Standorten möglich?	12/1 & 12/2
<b>Entwicklung – Kontinuität &amp; Veränderung des Lebens:</b> Welche Chancen und Risiken liegen in modernen molekularbiologischen und gentechnischen Methoden?	12/2 & 13/1
<b>Neurophysiologie – Sinnesphysiologie &amp; Verhalten:</b> Wie wirklich ist die Wirklichkeit?	13/1 & 13/2

(z. B. Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur) gemessen. Jedes einzelne Unterrichtsfach trägt die zur Bearbeitung der Fragestellung notwendigen fachlichen Inhalte bei. Themen wie z. B. *Löslichkeit von Salzen und Gasen in Wasser* und *Säure-Base-Konzepte* werden nicht nach einem festgeschriebenen Stundenplan sondern in Abhängigkeit vom Stand des Projekts unterrichtet. In Summe werden aber die vorgegebenen Stundenvolumina der einzelnen Unterrichtsfächer eingehalten, um im Hinblick auf die Unterrichtszeit eine Vergleichbarkeit mit den herkömmlichen Kursen sicherzustellen. Die Arbeit erfolgt in arbeitsteiligen Kleingruppen, die Ergebnisse werden in einer für das gesamte AWI öffentlichen Präsentation in englischer Sprache vorgestellt.

Dieses Konzept macht deutlich, dass das Erlernen experimentell-naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und der Erwerb

von Fachwissen mindestens gleichrangig betrachtet werden. Dies entspricht in den Grundzügen den nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie (KMK, 2005), in denen Kompetenzstandards für Fachwissen – allerdings über Basiskonzepte differenziert – gleichberechtigt zu denen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung dargestellt werden.

## 2 Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

### 2.1 Standards und Kompetenzen

Nach dem „PISA-Schock“ wurden von einer Expertenkommission, beauftragt von der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK), Richtlinien für die Formulierung von Bildungsstandards erar-

beitet (Klieme, Avenarius, Blum, Döbrich, Gruber, Prenzel, Reiss, Riquarts, Rost, Tenorth, & Vollmer, 2003), die die Basis für die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss unter anderem für das Fach Chemie bilden (KMK, 2005). Die hier beschriebenen Kompetenzen sind als Regelstandards formuliert, also als Kompetenzen, die von den Schülerinnen und Schülern im Regelfall bis zum Mittleren Schulabschluss erworben werden sollen. Sie sind in allen drei Naturwissenschaften vier Kompetenzbereichen *Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung* zugeordnet, die sich zwischen den Fächern durch den inhaltlichen Bezug zum jeweiligen Fach unterscheiden, aber gemeinsame Ziele vorgeben. Dies ermöglicht einerseits das arbeitsteilige Fördern einzelner Fähigkeiten in den verschiedenen Naturwissenschaften, andererseits einen gezielten fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Beide Perspektiven sind für das HIGHSEA-Projekt zentral.

Die beschriebenen Kompetenzbereiche sind untereinander eng verknüpft. Zum Beispiel benötigen Schülerinnen und Schüler *Fachwissen*, um experimentelle Methoden zur *Erkenntnisgewinnung* anzuwenden, Aussagen und Ergebnisse *bewerten* und *kommunizieren* zu können. Im HIGHSEA-Projekt werden alle Kompetenzbereiche gefördert, im Vordergrund stehen aber die experimentell-naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* zuzuordnen sind. Dieses Ziel steht im Einklang mit Oberstufen-Kerncurricula für den Chemieunterricht (Melle, Parchmann & Sumfleth, 2004).

## 2.2 Erkenntnisgewinnung und experimentell-naturwissenschaftliches Arbeiten

Der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* (KMK, 2005) umfasst – neben Kompetenzen im Umgang mit Modellen und zum Verständnis der „Natur der Naturwissenschaften“ (Nature of Science) – sowohl Wissen über als auch praktisches Umgehen mit experimentell-naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (scientific inquiry) wird auch als das problemorientierte Testen von Hypothesen mit experimentellen Methoden beschrieben (z.B. Bybee, 2002; Chinn & Malhotra, 2002; Duit, Gropengießer & Stäudel, 2004; Fischer, 1998; Klahr, 2000; Sandoval & Reiser, 2004). In den Standards der AAAS (1993) untergliedert sich das „*Scientific Inquiry Konzept*“ in die Facetten *Evidence and Reasoning, Scientific Investigations, Scientific Theories* und *Avoiding Bias in Science*. Im Mittelpunkt experimentell-naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen stehen die ersten beiden Facetten *Evidence and Reasoning* und *Scientific Investigations*, deren Kern Strategien bilden, die der Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems dienen (Burns & Vollmeyer, 2000; Klahr, 2000), denn die Lernenden müssen selbstständig Hypothesen zur Problemlösung entwickeln, die Prüfbarkeit der Hypothesen mit den zur Verfügung stehenden Mitteln beurteilen, ein geeignetes Experiment entwickeln und angemessene Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen unter Bezug auf die Eingangshypothese ableiten. Entweder ist das Pro-

blem dann gelöst oder der gesamte Prozess beginnt im Prinzip von Neuem. Dabei wird diese Herangehensweise nicht als eine auf alle naturwissenschaftlichen Probleme anwendbare Methode verstanden (s.a. Bauer, 1992; Lederman, 2004; McComas, 1996; Palincsar, Anderson & David, 1993; Pfeifer, 2003).

Klahr beschreibt in seinem Modell „Scientific Discovery as Dual Search“ (Dunbar & Klahr 1989; Klahr 2000) den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess mit Hilfe zweier Suchräume. Im ersten Suchraum (Hypothesensuchraum) werden Hypothesen zur Problemlösung generiert, im zweiten Suchraum (Experimentierraum) Experimente zur Überprüfung der Hypothese geplant, durchgeführt und ausgewertet. Kompetente Lernende müssen sich in beiden Suchräumen sicher bewegen und die im Experimentierraum gewonnenen Ergebnisse hypothesenorientiert interpretieren können. Das diesem Ansatz zugrunde liegende Problemlöseverständnis geht auf Arbeiten von Simon (1977, s.a. Dörner, 1976) zurück, der Problemlösen als das Ausnutzen endlich vieler Transformationen von einem Anfangszustand in einen Endzustand bezeichnet. In neueren Veröffentlichungen wird der Problemlösebegriff weiter eingeschränkt und als zielorientiertes und situationsbezogenes Denken und Handeln beschrieben, in dem das zu erreichende Ziel mehr oder weniger bekannt ist, zur Zielerreichung aber keine routinierten Vorgehensweisen zur Verfügung stehen (Klieme, Funke; Leutner, Reimann & Wirth, 2001; Mayer & Wittrock 1996). Diese Definition beinhaltet auch ein an den Handlungen des Lernenden

ausgerichtetes Verständnis wie bei Funke (2004), der die Grundfunktion problem-lösenden Denkens mit dem Füllen von Lücken in einem nicht routinemäßig einsetzbaren Handlungsplan beschreibt.

Ergebnisse amerikanischer Studien zeigen, dass Unterstufenschülerinnen und -schüler bei einer expliziten Thematisierung von naturwissenschaftlichen Methoden im Unterricht mehr lernen als bei der bloßen Anwendung (Bell, Blair, Crawford & Ledermann, 2003; Carey, Evans, Honda, Jay & Under, 1989; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Deshalb sollte das Konzept des HIGHSEA-Projekts, das explizit auf die Förderung experimenteller Arbeitsweisen durch Einbindung der Schülerinnen und Schüler in reale Forschungsprojekte (Planung und Durchführung) angelegt ist, sowohl die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung fördern als auch den Erwerb von Fachwissen unterstützen.

### 3 Interesse und Lernmotivation

Die theoretischen Grundlagen zu Interesse und Lernmotivation bilden die Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan 1985; Ryan 1995) und das Verständnis von Interesse als Person-Gegenstandsbeziehung (Krapp 1998; Krapp 1999; Krapp & Prenzel 1992; Schiefele 1986; Schiefele 2000). In beiden Ansätzen wird die Entwicklung einer selbstbestimmten Form der Lernmotivation betont, also der Bereitschaft von Lernenden, Lerntätigkeiten „um ihrer selbst willen“ ohne inneren oder äußeren Zwang mit großem Engagement ausfüh-

ren zu wollen (Csikszentmihalyi & Schiefele 1993; Deci & Ryan 1985; Krapp 1993).

### 3.1 „Münchener“ Interessenskonzeption

Möchte eine Person aus eigenem Anreiz, selbstbestimmt, mehr über einen Gegenstand (inhaltliche Themen, Tätigkeiten, abstrakte Ideen usw.) erfahren, liegt eine Interessensbeziehung vor. Handelt es sich bei dem Gegenstand z. B. um einen fachlichen Inhalt im Unterricht, so ist Lernen in diesem Fall eine interessengeleitete Handlung, welche intrinsisch motiviert ist (Krapp 1999). Der positive Einfluss des gegenstandsbezogenen Interesses von Lernenden auf ihre Schulleistung gilt als belegt (z. B. Schiefele, Krapp & Winteler, 1992; Tobias 1994). Untersuchungen haben gezeigt, dass gerade die auf individuellem Interesse beruhende Lernmotivation (stabile Person-Gegenstands-Relation) positive Effekte auf die Art der Lernsteuerung, die Erlebensqualität während des Lernens und den kurz- und langfristigen Output des Lernens hat (Krapp 1998). Darüber hinaus hat das individuelle Interesse einen maßgeblichen Einfluss auf die Leistungskurswahl und damit mittelbar auch auf die individuelle Lebensgestaltung (Köller, Baumert & Schnabel, 2000; Roeder & Gruehn, 1997). Individuelles Interesse ist kaum direkt zu wecken, sondern eher über die Weckung situationalen Interesses (in Handlungssituationen durch Anregungsfaktoren angeregtes Interesse) zu erreichen (Hidi & Bernsdorff, 1998). Mitchell (1993) beschreibt in diesem Zusammenhang Catch- und Hold-Faktoren. Das

durch Catch-Faktoren kurzzeitig hervorgerufene situationale Interesse einer Person kann mit Hilfe von Hold-Faktoren längerfristig stabilisiert werden und sogar in andauerndes individuelles Interesse überführt werden (Krapp 2002; Prenzel 1992).

Für das HIGHSEA-Projekt bedeutet dies, mit Hilfe von länger andauernden und fächerübergreifenden Projekten das situationale Interesse der Projektschülerinnen und -schüler in naturwissenschaftlichen Kontexten zu wecken und dadurch bei ihnen ein vorhandenes individuelles Interesse zu stabilisieren. Dabei stellt die Projektarbeit einen gewichtigen „Catch-Faktor“ dar. Die explizite Beteiligung der Lernenden am Prozess der Datenermittlung und deren ständige Entscheidungsbeteiligung bei der Wahl der Unterrichtsinhalte entsprechen den „Hold-Faktoren“, die die Interessensentwicklung zum individuellen Interesse mit begünstigen und steuern sollen.

Hidi und Renninger (2006) beschreiben die Interessensentwicklung in einem vier Phasen Modell, ausgehend von einem getriggerten situationalem Interesse (Phase 1) wird dieses situationale Interesse durch persönlich bedeutsame Aktivitäten aufrecht gehalten (Phase 2). Subjektiv interessant empfundene Lernumgebungen können die Überführung des anhaltenden situationalen Interesses in entstehendes individuelles Interesse unterstützen (Phase 3), dass schließlich zu ausgeprägtem individuellen Interesse führen kann, aber nicht muss (Phase 4). In diesem Modell der Interessensentwicklung kann eine in aktuelle Forschung integrierte, die Lernenden herausfordernde Lernumgebung, wie sie im HIGHSEA-Projekt realisiert ist, die Aus-

bildung individuellen Interesses unterstützen. Dabei ist davon auszugehen, dass sich die Lernenden zu Beginn des Projekts mindestens in der Phase des anhaltenden situationalen Interesses befinden.

### 3.2 Lernmotivation als Grad der Selbstbestimmung

Das Bestreben eines Menschen, sich weiterzuentwickeln, hält an, solange drei grundlegende psychologische Bedürfnisse, so genannte „basic needs“ (Deci & Ryan 1993), erfüllt werden (Deci & Ryan 2000): Kompetenzerleben, Autonomieerleben und soziale Eingebundenheit. Die „basic needs“ werden damit zu Gestaltungsregeln für interesseliefernde Lernumgebungen (Krapp 1992). Handlungen, die „um ihrer selbst willen“ und aus Interesse und Spaß am Lerngegenstand durchgeführt werden, bezeichnen Deci und Ryan (1993) als intrinsisch motivierte Handlungen. Im Gegensatz dazu sind extrinsisch motivierte Handlungen durch äußere Einflüsse initiiert und dadurch fremdbestimmt. Die beiden Motivationsformen bilden die beiden Pole eines „Selbstbestimmungskontinuums“, in dem ein kontinuierlicher Übergang zwischen verschiedenen Regulationsstufen möglich ist. Der jeweilige Motiviertheitszustand einer Person wird von internalen und externalen Faktoren beeinflusst. Die rein externe Verhaltensregulation durch Belohnung oder Strafe ist in hohem Maße fremdbestimmt, während das auf der Integration von Werten, Normen und Zielen in das eigene Selbstkonzept beruhende Konzept der integrierten Verhaltensregulation

auf rein interne Faktoren zurückzuführen ist (z. B. das Handeln aufgrund eigener Neugier). Dazwischen stehen Verhaltensregulationen, die einem steigenden inneren Druck folgen, z. B. die Vermeidung von schlechtem Gewissen (introjizierte Regulation) oder das Erreichen eines bestimmten Schulabschlusses und damit verbunden eines Berufsziels (identifizierte Regulation).

Auf das HIGHSEA-Projekt bezogen bedeutet diese Stufung, dass der Grad der extrinsischen Motivation im Verlauf der Projektarbeit abnehmen sollte, da die Schüler immer mehr die Verantwortung für das Vorankommen des Projekts und für die Ergebnisse der Kleingruppe übernehmen. Unter der Annahme, dass der „normale“ Unterricht eher extrinsisch motiviert ist, kann man eine Abnahme der extrinsischen und ein Ansteigen der intrinsischen Motivation während der Projektarbeit bei den HIGHSEA-Projektschülerinnen und -schülern erwarten.

## 4 Zielsetzung und Design der Evaluationsstudie

Die Überprüfung von zwei aus den Zielen des Projekts abgeleiteten Erwartungen steht im Mittelpunkt der Evaluation (Henke, 2006):

- In der HIGHSEA-Gruppe nehmen innerhalb eines Jahres die experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten der Lernenden stärker zu als in einer Vergleichsgruppe.
- In der HIGHSEA-Gruppe entwickeln sich Interesse und Motivation der Lernenden positiver als in der Vergleichsgruppe.

Zusätzlich zu den aus den Zielen abgeleiteten Variablen *experimentell-naturwissenschaftliche Fähigkeiten, Interesse* und *Motivation* wird die Veränderung im *Fachwissen* und mit TIMSS-Aufgaben in der sogenannten *naturwissenschaftlichen Grundbildung* untersucht, um zu kontrollieren, ob etwaige Erfolge im Bereich der experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten auf Kosten des Fachwissens erzielt werden. Die TIMSS-Items werden eingesetzt, da mit diesen Aufgaben erprobte Testitems vorliegen.

## 5 Methode

### 5.1 Die Stichprobe

Die am HIGHSEA-Projekt teilnehmenden Schülerinnen und Schüler aus den Oberstufenzentren in Bremerhaven haben sich für die Teilnahme am HIGHSEA-Profil beworben. 22 von ihnen wurden nach einem mehrfach variierten Aufnahmeverfahren vom AWI aufgenommen. Dieses Aufnahmeverfahren bestand 2005 aus vier Teilen (Gatti, 2005):

- Zeugnis des ersten Halbjahres der 10. Klasse (max. 30 Punkte)
- schriftlicher Test (max. 50 Punkte)
- Vorstellungsgespräch (max. 20 Punkte)
- Teilnahme an einem Wettbewerb wie „Schüler experimentieren“ (max. 10 Zusatzpunkte)

Im Vorstellungsgespräch diskutieren die Bewerberinnen und Bewerber über ein aus einem Themenkanon selbst gewähltes

Thema mit naturwissenschaftlichem Hintergrund (z. B. Kernenergie) und werden dabei ergänzend von zwei Lehrkräften befragt. Um für das Projekt geeignet zu sein, müssen 50 Punkte erreicht werden. 9 Plätze werden an die Schülerinnen und Schüler mit den höchsten Gesamtpunktzahlen vergeben, und 13 Plätze werden unter den übrigen Geeigneten verlost. Da trotz mehrfacher Änderungen der Auswahlkriterien die Anzahl der im Aufnahmeverfahren erreichten Punkte nach Ansicht der unterrichtenden Lehrkräfte nicht mit den Leistungen während der Projektlaufzeit korrelieren, wird das Aufnahmeverfahren sich weiter verändern.

Aufgrund dieses Auswahlverfahrens unterscheidet sich die HIGHSEA-Gruppe signifikant von der (restlichen) Gruppe der Schülerinnen und Schüler mit einem Leistungskurs Biologie und einem Grundkurs Chemie derselben Jahrgangsstufe in Bremerhaven, von nun an als GK-Gruppe bezeichnet (Gesamtstichprobe,  $N=98$ ). Die Prätest-Ergebnisse bestätigen dies für alle betrachteten Variablen durch signifikante Unterschiede zugunsten der HIGHSEA-Gruppe (s. Anhang). Die HIGHSEA-Gruppe ist dementsprechend homogener und leistungsstärker als die GK-Gruppe. Diese Tatsache kann den Erfolg der Interventionsmaßnahme beeinflussen, lässt sich aber in dieser Evaluationsstudie nicht vermeiden.

Mit Blick auf den soziokulturellen Hintergrund unterscheidet sich die Gesamtstichprobe aus Bremerhaven mit mittleren Effektstärken nur durch die Menge bestimmter Wohlstands- und Kulturgüter (nach oben), deren Verbrei-

tung sich aber in der Gesamtbevölkerung seit der Erhebung für die PISA Studie im Jahr 2000 vergrößert hat, und dem Schulabschluss des Vaters (nach unten) von der PISA-Gesamtstichprobe. Festzuhalten ist für die Evaluationsstudie, dass sich beide Probandengruppen, die HIGHSEA-Gruppe und die GK-Gruppe, in ihren soziokulturellen Voraussetzungen nicht unterscheiden.

## 5.2 Stichprobenparallelisierung

Da durch die Zahl der am HIGHSEA-Projekt teilnehmenden Schülerinnen und Schüler die Anzahl der maximal verfügbaren vollständigen Datensätze vorgegeben wird und mit  $N=19$  relativ klein ist, sollte die Vergleichsgruppe genauso groß und in ihren Eigenschaften möglichst vergleichbar sein, um Verzerrungen bei den Gruppenvergleichen zu vermeiden oder

zu reduzieren. Die Grundlage für die Parallelisierung bilden die z-standardisierten Werte jeder Person in den Tests zur Überprüfung dreier abhängiger Variablen. Ausgewählt wurden möglichst unterschiedliche Variablen, für die bereits erprobte Tests vorliegen. Deshalb wurden auf der kognitiven Seite die kognitiven Fähigkeiten und die naturwissenschaftliche Grundbildung und für die affektive Komponente der Interessenstest ausgewählt. Zur Parallelisierung wird der Abstand zwischen den Punkten im dreidimensionalen Raum berechnet, der durch die drei verschiedenen Testskalen aufgespannt wird. Beispielhaft ist ein solches Punktefeld für zwei Variablen dargestellt. Zwei HIGHSEA-Projektschüler bzw. -schülerinnen (AWI) sind in diesem Beispiel von etlichen nicht AWI-Personen umgeben, von denen sich jeweils eine in ihren Leistungen besonders nahe an den AWI-Personen befindet (Abb. 1).

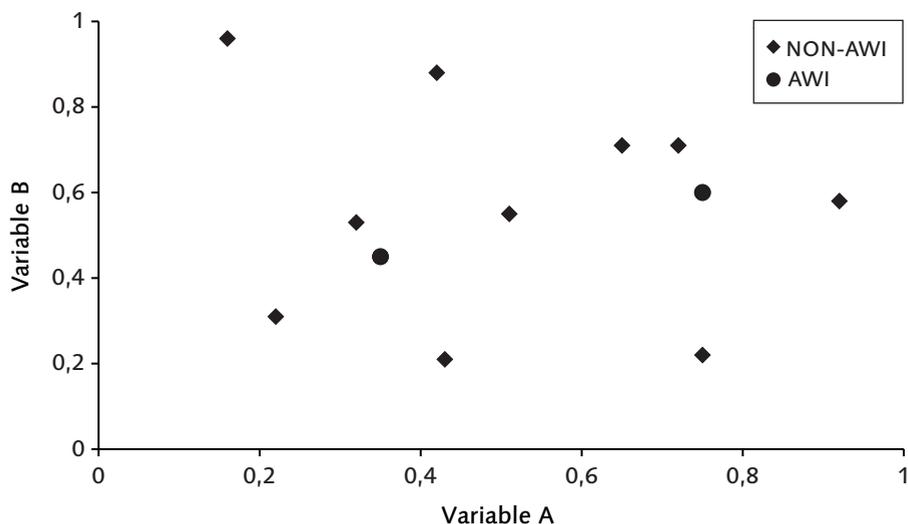


Abb. 1: Beispiel für eine Stichprobenparallelisierung anhand zweier Variablen.

Für die einzelnen Lernenden im HIGHSEA-Projekt werden die Abstände zu allen NON-AWI Schülerinnen und Schülern unter Verwendung der algebraischen Abstandsformel mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms berechnet. Aus den tabellierten Abständen kann man nun für die einzelnen Lernenden im HIGHSEA-Projekt je ein passendes Pendant aus der GK-Gruppe mit minimalem Abstand finden. Diese Personen bilden die bestmögliche Vergleichsgruppe, die im Weiteren als „Kontrollgruppe“ bezeichnet wird. Die auf diese Weise entstandenen Gruppen sind ähnlich, aber nicht gleich (Tab. 2). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen liegen trotz der Parallelisierung bei der Variable Interesse ( $p < .05$ ) vor. Offensichtlich ließen sich die Interessensunterschiede mit diesem Verfahren nicht kompensieren.

### 5.3 Testinstrumente

Als Kontrollvariablen werden die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler mit je einer Subskala der drei

Hauptskalen des Kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000) und der soziokulturelle und sozioökonomische Hintergrund mit einem gekürzten Fragebogen aus dem PISA-Zusatzfragebogen von 2000 erhoben (Kunter, Schümer, Artelt, Baumert, Klieme, Neubrand, Prenzel, Schiefele, Schneider, Stanat, Tillmann & Weiß, 2002).

Zur Messung der den HIGHSEA-Projektzielen entsprechenden abhängigen Variablen (Fachwissen, experimentell naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW), naturwissenschaftliche Grundbildung, Fachinteresse, Lernmotivation) werden mehrere Testinstrumente zu beiden Messzeitpunkten eingesetzt. Als Fachwissenstest wird ein Multiple Choice Test eingesetzt, der sich auf die Chemieinhalte bezieht. Er besteht aus drei Teilen: Der erste Teil erfasst das inhaltliche Wissen in den einzelnen Kontexten der Aufgaben des NAW-Tests. Kommt in einer NAW-Aufgabe z. B. als Experiment eine Titration vor, gibt es auch eine entsprechende Aufgabe im Fachwissenstest, die sich auf den Gegenstand Titration bezieht. Im zweiten Teil sind die Schülerinnen und Schüler aufgefordert für ausgewählte Ver-

Tab. 2: Mittelwertvergleich für die in die Parallelisierung eingegangenen Variablen

Variable	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
KFT	HIGHSEA-Gruppe	19	42,26	8,25
	Kontrollgruppe	19	41,63	8,79
naturw. Grundbildung	HIGHSEA-Gruppe	19	17,95	2,91
	Kontrollgruppe	19	17,79	3,08
Interesse	HIGHSEA-Gruppe	19	3,45	0,41
	Kontrollgruppe	19	3,08	0,64

bindungen Strukturformeln anzugeben und im dritten Teil sollen sie für einige Reaktionen Reaktionsgleichungen aufstellen. Die Inhalte beziehen sich auf den Lehrplan der 11. Jahrgangsstufe.

Der naturwissenschaftliche Arbeitsweisen Test (kurz: NAW-Test) wird zur Erhebung der experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten benutzt (Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008). In den Testaufgaben wird zunächst ein Problem geschildert, auf das sich dann die Testitems zu Hypothesenbildung, experimenteller Überprüfung und Schlussfolgerungen beziehen. Bei Testitems zur Hypothesenbildung werden den Schülerinnen und Schülern z. B. auf die Problemstellung bezogene Hypothesen vorgelegt, deren experimentelle Überprüfbarkeit beurteilt werden soll. Items im Bereich der Experimentplanung verlangen z. B. die Auswahl einer geeigneten Apparatur oder die Ordnung von gegebenen Arbeitsschritten. In Items zur Datenauswertung wird z. B. nach zulässigen Schlussfolgerungen oder nach der Verallgemeinerbarkeit einer Schlussfolgerung gefragt.

Die Erfassung der naturwissenschaftlichen Grundbildung erfolgt mit einer Aufgabenzusammenstellung aus freigegebenen Items der TIMS-Studie (IEA, 1996). Diese Aufgabensammlung enthält die schwereren Aufgaben aus den Testheften der Population 2 und einige Aufgaben mit unterschiedlicher Schwierigkeit aus den Testheften der Population 3. Die Aufgaben sind sowohl nach Schwierigkeit als auch nach möglichst chemienahem Hintergrund ausgesucht worden.

Zur Erfassung des Fachinteresses wird ein Fragebogen verwendet (Sumfleth & Wild, 2001), der das Chemieinteresse mit einer angepassten Version des „Fragebogens zum Studieninteresse“ (Schiefele, Krapp, Wild & Winteler, 1993) erfasst. Die motivationalen Orientierungen der Lernenden werden mit der von Wild & Krapp (1995) übersetzten Fassung des Self-Regulation-Questionnaire (Ryan & Conell, 1989) ergänzt um eine Skala zur schulischen Anstrengungsbereitschaft (Pekrun, 1983) erhoben. Insgesamt wurden sieben Skalen (Tab. 3) ausgewählt und an die Stichprobe angepasst. Die Items wurden für den Ein-

Tab. 3: Skalen des Motivations- und Interessefragebogens

Skalen	Anzahl eingesetzter Items	Reliabilitätswerte
<b>Motivation</b> Intrinsische Motivation & Anstrengungsbereitschaft	7 + 5	$.84 \leq \alpha \leq .91$
<b>Extrinsische Motivation</b>	7	$.56 \leq \alpha \leq .76$
<b>Interesse</b> Fachinteresse & Abneigung (umgepolt)	6 + 7	$.91 \leq \alpha \leq .95$
<b>Selbstkonzept</b>	6	$.91 \leq \alpha \leq .94$

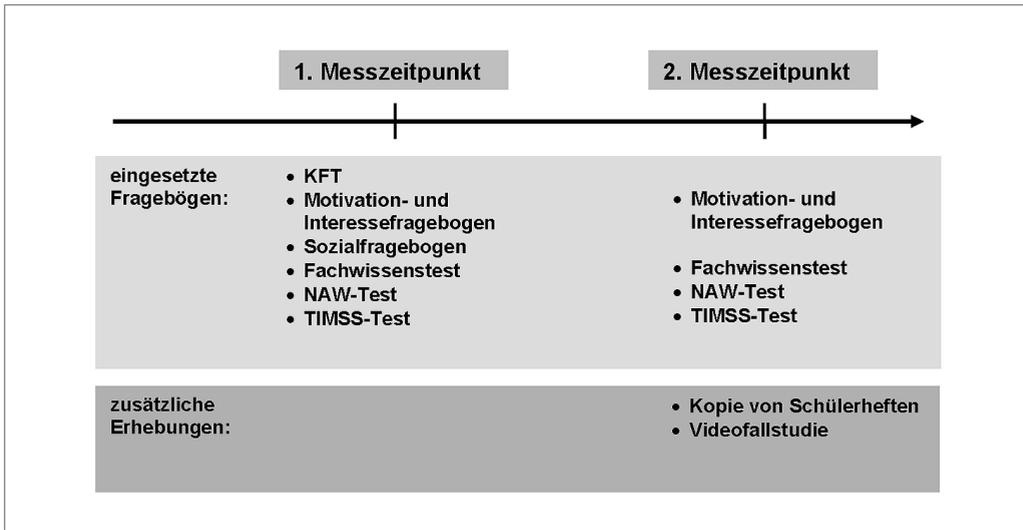


Abb. 2: Erhebungsinstrumente zu beiden Messzeitpunkten.

satz in der Oberstufe lediglich in der Anrede der Schülerinnen und Schüler in die „Sie-Form“ abgeändert.

Die Überprüfung des Fragebogens auf interne Konsistenz der eingesetzten Skalen lieferte akzeptable Reliabilitätswerte (Tab. 3). Eine explorative Faktorenanalyse ergab vier trennscharf unterscheidbare Faktoren. Dabei laden die Items der Skalen *Intrinsische Motivation* und *Schulische Anstrengungsbereitschaft* wie auch *Fachinteresse* und (umgepolt) *Abneigung* jeweils auf einem gemeinsamen Faktor und wurden zu den Skalen *Motivation* und *Interesse* zusammengefasst. Die Skalen *Selbstkonzept* und *Extrinsische Motivation* sind unabhängig, wobei die Ergebnisse zur Skala *Extrinsische Motivation* aufgrund der niedrigen internen Konsistenz nur eingeschränkt interpretierbar sind.

## 5.4 Design der Studie

Hierzu wurde eine Studie im klassischen Kontrollgruppendesign mit pre- und post-Test durchgeführt, die mit dem Start des HIGHSEA-Unterrichts im zweiten Halbjahr der Jahrgangsstufe 11 (neunjährige Vorbereitung auf das Abitur) im März 2005 begann. Zu diesem ersten Messzeitpunkt wurden alle Schülerinnen und Schüler der 11. Jahrgangsstufe in Bremerhaven getestet, die einen Chemiegrundkurs belegt haben. Die Testzeit betrug zweimal 90 Minuten. Die zweite Datenerhebung erfolgte ein Jahr später, weil mit Blick auf die gesamte Projektzeit von 2,5 Jahren eine angemessene Laufzeit erfasst werden sollte. Ein halbes Jahr erschien aus diesem Grund zu kurz und zwei Jahre zu lang, weil dann die zweite Datenerhebung in die Abiturvorbereitung gefallen wäre. Die Verteilung der Messinstrumente auf die beiden Messzeitpunkte ist in Abbildung 2 dargestellt.

Tab. 4: Effektgrößen (Bortz & Döring, 2009, S. 606/627)

	Effektgrößen	
	eta <sup>2</sup>	Cohens <i>d</i>
kleiner Effekt	≈ .01	≈ .20
mittlerer Effekt	≈ .1	≈ .50
großer Effekt	≈ .25	≈ .80

## 6 Ergebnisse

Die Berechnung des Effekts des HIGHSEA-Projekts auf die einzelnen Schülermerkmale beruht im Wesentlichen auf Vergleichen mittels univariater Varianzanalyse mit Messwiederholung und T-Tests zwischen unabhängigen Stichprobengruppen. Alle durch Varianzanalysen errechneten Effektstärken sind mit dem Maß eta<sup>2</sup>, die mittels T-Test errechneten Effektstärken mit dem Effektmaß Cohens *d* angegeben (Tab. 4).

### 6.1 Ergebnisse zur Entwicklung der experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten

Zum Vergleich der Lernzuwächse im NAW-Test (Klos et al., 2008) wurde in der HIGHSEA-Gruppe (in den Abbildungen als AWI bezeichnet) und in der Kontrollgruppe eine univariate ANOVA mit Messwiederholung gerechnet, in die das Fachwissen als Kovariate einging (Abb. 3), weil sich HIGHSEA-Gruppe und Kontrollgruppe in dieser Variable signifikant unterscheiden (s. Kap. 6.2). Es zeigt sich ein Haupteffekt für den Messzeitpunkt

( $F_{(1;36)} = 52,12; p < .001; \text{eta}^2 = .59$ ). Beide Gruppen zusammen haben also in dem einen Jahr einen bedeutenden Lernzuwachs in ihren experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten erlangt.

Schon die Steigungen der Geraden (Abb. 3) zeigen, dass die HIGHSEA-Gruppe im Mittel einen höheren Lernzuwachs hat als die Kontrollgruppe. Dieser Interaktionseffekt ergibt sich ebenfalls aus der durchgeführten Varianzanalyse ( $F_{(1;36)} = 13.93; p < .01; \text{eta}^2 = .28$ ). Da sich die beiden

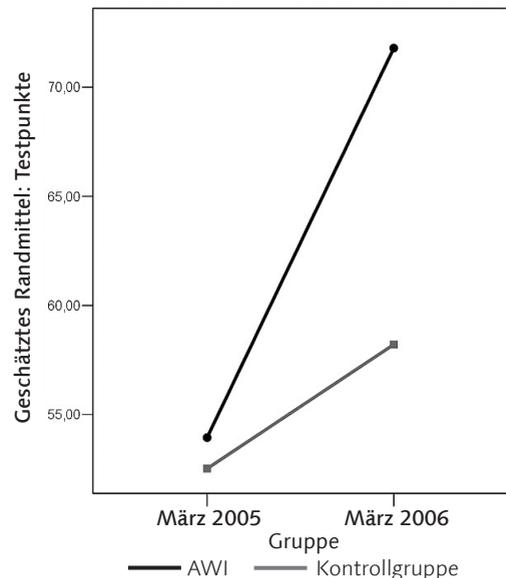


Abb. 3: Vergleich der Gruppenmittelwerte im NAW-Test Pre/Post.

Gruppen bereits im Pre-Test unterscheiden, wurden die Ergebnisse noch einmal auf der Basis von Residuen berechnet. Die in Abbildung 4 dargestellte Regressionsgerade beschreibt den zu erwartenden Lernzuwachs jedes einzelnen Schülers, gemessen an der Gesamtstichprobe der Jahrgangsstufe 11 der Bremerhavener Schülerinnen und Schüler. Punktwerte sind nur für die Lernenden der HIGHSEA-Gruppe und der Kontrollgruppe angegeben. Dieses Verfahren wurde auch für alle folgenden residuenbasierten Auswertungen angewendet. Alle HIGHSEA-Schülerinnen und -Schüler haben die Erwartungen übertroffen, liegen mit ihren Punktwerten also oberhalb der Regressionsgeraden, während in der Kontrollgruppe viele Punktwerte unterhalb der Geraden liegen (Abb. 4). Ein Mittelwertvergleich der Residuen ergibt einen hoch signifikanten Unterschied von im Mittel 12,5 Punkten zu Gunsten der HIGHSEA-Gruppe ( $t(36) = 4,706; p < .001$ ). Dies entspricht einer Effektstärke für die Ergebnisse des NAW-Tests von  $p = 1,507$  und damit einem sehr großen Effekt.

Der NAW-Test umfasst drei Inhaltsschwerpunkte *Hypothesen bilden*, *Experimente planen* und *experimentelle Daten auswerten*, die aber als einzelne Skalen empirisch nicht voneinander trennbar sind (Klos et al. 2008). Während die Ergebnisse beider Gruppen zum ersten Messzeitpunkt in allen drei Bereichen eng zusammenliegen, ist der Zuwachs auf Seiten der HIGHSEA-Gruppe in allen Bereichen größer als bei der Kontrollgruppe. Am größten ist der Unterschied in den Bereichen *Hypothesen bilden* ( $d = 1.30$ )

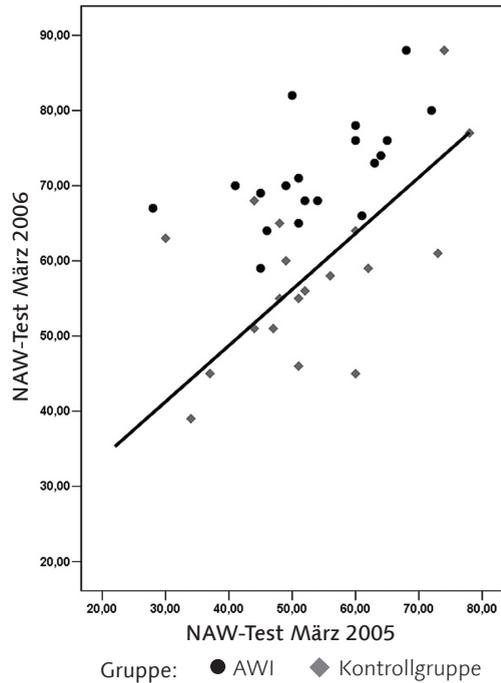


Abb. 4: Ergebnisse im NAW-Test in Relation zum Erwartungswert der Gesamtstichprobe.

und *Experimente planen* ( $d = .92$ ), deutlich niedriger liegt er im Bereich *Daten auswerten/Schlussfolgerungen* ( $d = .78$ ).

## 6.2 Chemisches Fachwissen

Die interne Konsistenz des Fachwissenstests ( $.69 \leq \alpha \leq .84$ ) ist für Gruppenvergleiche akzeptabel. Beide Gruppen erzielen einen Lernzuwachs (Haupteffekt für den Messzeitpunkt  $F_{(1,36)} = 54.40; p < .001; \eta^2 = .60$ ). Außerdem gibt es einen Haupteffekt für die Gruppenzugehörigkeit ( $F_{(1,36)} = 14.03; p = .001; \eta^2 = .28$ ). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen im residualen Lernzuwachs ist

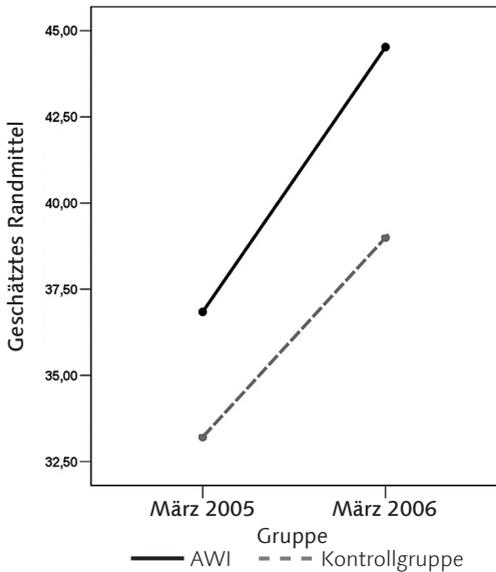


Abb. 5: Mittelwertvergleich Fachwissen Pre/Post.

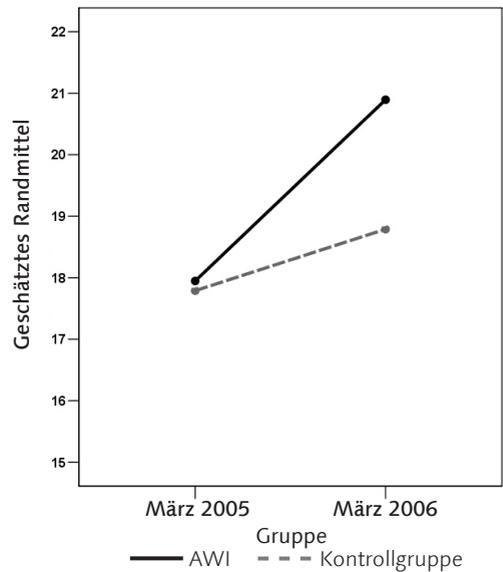


Abb. 6: Mittelwertvergleich naturwissenschaftliche Grundbildung Pre/Post.

auch signifikant ( $t(36) = 2.41; p < .05$ ) und entspricht einem großen Effekt mit Cohens  $d = .80$ . Es sei an dieser Stelle aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Lernzuwachs in der Kontrollgruppe auch sehr bedeutend ist, zumal hier in heterogeneren Gruppen und unter weniger optimalen Bedingungen gelernt wurde (Abb. 5).

### 6.3 Naturwissenschaftliche Grundbildung

Die Schwierigkeit der Items des Tests zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Grundbildung, der aus freigegebenen TIMSS-Items (IEA, 1996) der Population 2 und 3 neu zusammengestellt wurde, wurde zunächst für die Ge-

samtstichprobe überprüft. Die Items sind erwartungsgemäß leichter als für die jüngeren Schülerinnen und Schüler der TIMSS-Stichproben (IEA, 1998). Die interne Konsistenz der Testzusammenstellung liegt bei einem akzeptablen Wert von  $\alpha = .74$ .

Aufgrund des Parallelisierungsverfahrens sind die Mittelwerte zum ersten Messzeitpunkt fast identisch (Abb. 6), zum zweiten Messzeitpunkt unterscheiden sich die Gruppen signifikant ( $t(36) = 2.23; p < .05$ ). Eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt einen Haupteffekt für die Variable „Messzeitpunkt“ ( $F_{(1;36)} = 36,26; p < .001; \eta^2 = .50$ ). Der Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit ( $F(1;36) = 8.83; p < .01; \eta^2 = .20$ ) zeigt einen höheren Lernzuwachs für die

HIGHSEA-Gruppe als für die Kontrollgruppe. Auch die Residuen der beiden Gruppen unterscheiden sich signifikant ( $t(36) = 3.27; p < .01$ ). Die Effektstärke beträgt  $d = 1.06$  und bestätigt einen großen Effekt des Projekts auch auf den Zuwachs an naturwissenschaftlicher Grundbildung der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler.

#### 6.4 Motivations- und Interessenentwicklung

Bei der Variablen *Motivation* tritt ein Deckeneffekt auf (Abb. 7a). Trotzdem zeigt sich die in der Hypothese formulierte Tendenz, denn der Mittelwertunterschied ist im Pre-Test nicht signifikant, im Post-Test aber an der Grenze zur Signifikanz ( $p = .058$ ). Für die Variable *Extrinsische Motivation* zeigt sich die analoge Tendenz, allerdings bei insgesamt niedrigen Werten (Abb. 7b). Während bei der Kontrollgruppe eine Steigerung der extrinsischen Motivation zu beobachten ist, nimmt in der HIGHSEA-Gruppe die extrinsische Motivation ab, während die intrinsische wie beschrieben zunimmt. Die Unterschiede sind aber nicht signifikant. Dagegen ist der erwartete Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Gruppe mit einer mittleren Effektstärke von  $\eta^2 = .10$  statistisch nachweisbar ( $F_{(1;36)} = 4,14; p < .05$ ). Bei den Variablen *Interesse* und *Selbstkonzept* liegen nahezu parallele negative Entwicklungen vor.

#### 6.5 Berufliche Aspiration

Eine weitere für die die Entwicklung des HIGHSEA-Projekts wichtige Frage ist, ob das Projekt die beruflichen Ziele der Teilnehmenden beeinflusst. Zur verlässlichen Beantwortung dieser Frage müsste man den beruflichen Werdegang der HIGHSEA-Schülerinnen und -Schüler nach dem Abitur verfolgen und mit den Werdegängen der Kontrollgruppe vergleichen. Bei dieser Evaluation wurde nur nach dem angestrebten Studienfach / Berufsziel gefragt. Die deskriptive Auswertung zeigt in beiden Gruppen eine ähnliche Mischung von naturwissenschaftlich geprägten Berufszielen und anderen. Auffällig ist auch, dass die meisten Befragten zum zweiten Messzeitpunkt das gleiche Berufsziel nennen wie zum ersten (s. Tabellen 5 und 6). Die Entscheidung für eine berufliche Richtung scheint also bereits eher gefallen zu sein und bleibt stabil.

### 7 Diskussion

Das HIGHSEA-Projekt ist in der Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen in den beiden untersuchten Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung* und *Fachwissen* sehr erfolgreich. Der deutliche Lernzuwachs in den experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten und der sehr große Interaktionseffekt bestätigen die Erwartung, dass die experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten der Lernenden in der HIGHSEA-Gruppe innerhalb eines Jahres stärker zunehmen als in der Kontroll-

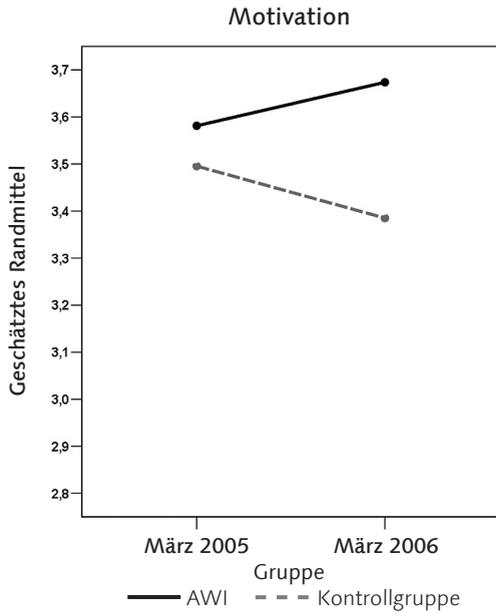


Abb. 7a

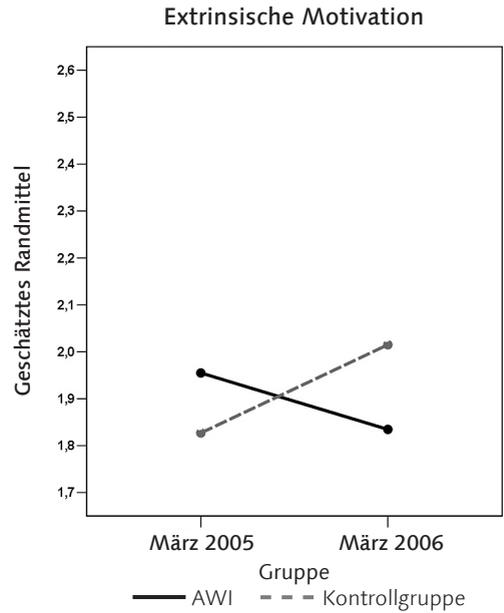


Abb. 7b

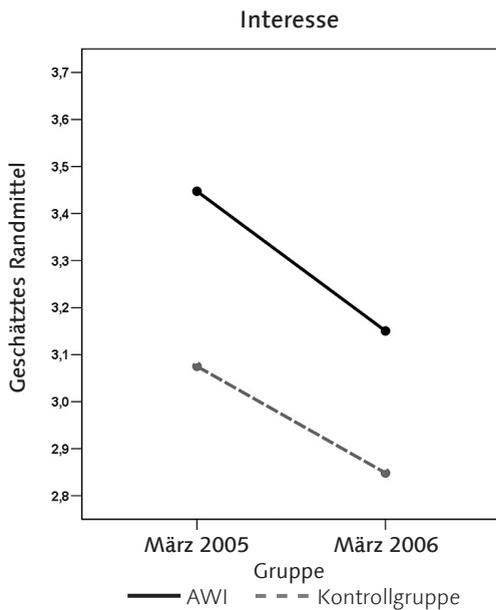


Abb. 7c

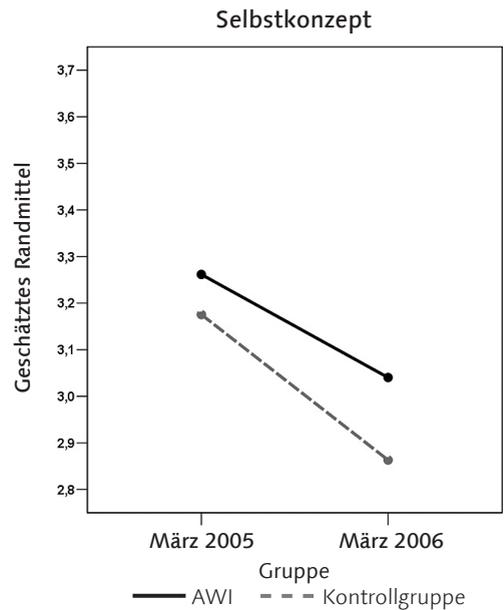


Abb. 7d

Abb. 7a-d: Vergleich der Gruppenmittelwerte Pre/Post Motivation/ Extrinsische Motivation/ Interesse/ Selbstkonzept.

Tab. 5: HIGHSEA-Projektgruppe: Berufsziel und Präferenz für ein naturwissenschaftliches Studienfach Pre/Post

Code	Berufsziel	Berufsziel	natw. Studium	natw. Studium	natw. Studium
	Mrz 05	Mrz 06	Mrz 05	Mrz 06	Änderung?
01-11-01	Chemiker		Ja	Ja	⇔
01-11-02			Ja	Ja	⇔
01-11-03	Sportorthopäde		Ja	Ja	⇔
01-11-04	Naturfotograf	Schulleiter	Ja	Ja	⇔
01-11-05	Meeresbiologe	Meeresbiologe	Ja	Ja	⇔
01-11-06	Arzt	Allgemeinmediziner	Ja	Ja	⇔
01-11-07	Informatiker	Informatiker	Ja	Ja	⇔
01-11-09	Tierarzt	Tierarzt	Ja	Ja	⇔
01-11-10	Biologe	Umweltjurist	Ja	Ja	⇔
01-11-11	Meeresbiologie		Ja	Nein	↓
01-11-12	Lebensmitteltechniker	Lebensmitteltechniker	Ja	Ja	⇔
01-11-14			Ja	Nein	↓
01-11-15			Ja	Ja	⇔
01-11-16	Meeresbiologe	Biotechnologe	Ja	Ja	⇔
01-11-17	Geologe	Geologe	Ja	Ja	⇔
01-11-18	Ingenieur	Ingenieur	Ja	Ja	⇔
01-11-19	IT-Techniker	Biotechnologe	Ja	Ja	⇔
01-11-20		Lebensmitteltechniker	Ja	Ja	⇔
01-11-21	Tierarzt	Irgendwas Geschichte	Ja	Ja	⇔

gruppe, ist damit bestätigt. Gleichzeitig ist aber festzuhalten, dass auch die Kontrollgruppe einen bemerkenswerten Lernzuwachs zeigt. Dieses Lernergebnis wird nicht auf Kosten einen Lernzuwachses im Fachwissen erreicht. Die zeitlich aufwändige experimentelle Projektarbeit führt also nicht dazu, dass der Erwerb von Fachwissen vernachlässigt wird. Auch bei den TIMSS-Aufgaben zeigt sich das gleiche

Bild. Dies ist ein Zeichen dafür, dass sicher kein Spezialwissen erworben wurde, sondern wirklich eine Förderung naturwissenschaftlicher Fähigkeiten stattfand. Anders stellen sich die Ergebnisse zu den Entwicklungen von Interesse und Motivation dar. Während bei den motivationalen Skalen noch Unterschiede erkennbar sind, verlaufen die Entwicklungen beim Interesse und Selbstkonzept in beiden Grup-

Tab. 6: Kontrollgruppe: Berufsziel und Präferenz für ein naturwissenschaftliches Studienfach Pre/Post

Code	Berufsziel	Berufsziel	natw. Studium	natw. Studium	natw. Studium
	Mrz 05	Mrz 06	Mrz 05	Mrz 06	Änderung?
02-11-02-01		Lotse	Nein	Ja	↑
02-11-02-09	Lebensmitteltechniker	Lebensmitteltechniker	Ja	Ja	⇒
02-11-02-10	Polizist	Polizist	Ja	Ja	⇒
02-11-02-12	Allgemeinmediziner	Allgemeinmediziner	Nein	Ja	↑
02-11-02-13	Jurist	Anwalt	Ja	Ja	⇒
02-11-03-12	Informatiker	Wirtschaftsinformatiker	Ja	Ja	⇒
02-11-03-18	Mathematiker	Wirtschaftspolitik	Nein	Nein	⇒
03-11-01-04	Journalist	Umweltschutz	Ja	Ja	⇒
03-11-01-17	Profiler (Kripo)	Polizist	Nein	Ja	↑
03-11-01-22	Kinderpsychologe	Psychologie	Nein	Nein	⇒
03-11-02-08			Ja	Ja	⇒
03-11-02-09	Bibliothekar	Biologe	Nein	Ja	↑
04-11-01-01	Tierarzt	Polizist	Ja	Ja	⇒
04-11-01-03	Lehrer(Bio, Ma, Ch)	Architekt	Ja	Ja	⇒
04-11-01-07	Physiker	Physiker	Ja	Ja	⇒
04-11-01-11		Trickanimator (Film)	Nein	Nein	⇒
04-11-02-10			Ja	Ja	⇒
04-11-02-17			Ja	Nein	↓
04-11-03-09	Medizin	Grundschullehrer	Ja	Nein	↓

pen parallel. Die Ausprägungen beider Variablen nehmen ab. Dieser Unterschied zwischen den jeweils zwei Variablen ist nur schwer zu erklären. Während die intrinsische Motivation, vermutlich durch die Einbindung in für die Schülerinnen und Schüler spannende Forschungskonzepte wächst und entsprechend extrinsische Kriterien in den Hintergrund treten, nehmen Fachinteresse und Selbstkonzept

trotz allem ab. Allerdings ist der Abfall im Selbstkonzept der HIGHSEA-Gruppe nicht größer als in der Kontrollgruppe, was bei zeitweiser Überforderung oder aufgrund des von Marsh & Parker (1984) beschriebenen *Big-Fish-Little-Pond-Effects* durchaus denkbar gewesen wäre. Die HIGHSEA-Schülerinnen und Schüler („big fishes“), die sich bereits zum ersten Messzeitpunkt im Mittelwert für die

kognitiven Fähigkeiten signifikant von der Kontrollgruppe unterscheiden, befinden sich im „little pond“, während sich die Kontrollgruppe, auch „big fishes“, im „big pond“ befindet. Diese Zusammenführung von „leistungsstarken“ Schülerinnen und Schülern am Alfred-Wegener Institut hätte zu einem Abfall des mittleren Selbstkonzepts führen können, weil die subjektiv erlebte Kompetenz abnehmen könnte. Für die Überprüfung dieser Annahme wäre allerdings eine größere Stichprobe notwendig. Eine weitere mögliche Erklärung liefert die Interessentheorie. Die Catch-Faktoren - von der Teilhabe an Forschungsprojekten bis zu einer Fahrt mit der „Polarstern“ - sind in dem HIGHSEA-Projekt offenbar sehr prominent und motivational wirksam. Demgegenüber ist die langzeitliche Anlage des Projektes mit z. B. wiederkehrenden langen Messreihen und Unterricht in Themeninseln, um die gesamten abiturrelevanten Inhalte abzudecken, nicht in der Lage, einen Verlust an Fachinteresse im Laufe der Zeit zu verhindern. Die Hold-Faktoren, Beteiligung am Forschungsprozess und der eigentlichen Datenerhebung, sind nicht wirksam genug. Eine dritte Ursache könnte sein, dass der eingesetzte Fragebogen nicht in der Lage war, bei überwiegend „hochinteressierten“ und „hochmotivierten“ Schülerinnen und Schülern ausreichend zu differenzieren.

Berufswahlentscheidungen sind zu diesem Messzeitpunkt noch schwer zu beurteilen, unterscheiden sich aber in der HIGHSEA-Gruppe nicht von denen in der Kontrollgruppe. Auffallend ist, dass die Vorstellungen von der Berufswahl in

beiden Gruppen über das Jahr hinweg gar nicht beeinflusst wurden. Sie sind in diesem Zeitraum in der Schullaufbahn scheinbar stabil, erste Ideen haben sich ausgeprägt und wurden noch nicht mit den Schwierigkeiten der Umsetzbarkeit (Hochschulzulassung, Ausbildungsplatz, Studien- und Ausbildungsbedingungen) konfrontiert.

## 8 Zusammenfassung und Konsequenzen

Die Überprüfung der aus den Zielen des HIGHSEA-Projekts abgeleiteten Erwartungen erfolgte in einem Kontrollgruppendesign mit unterschiedlichen Messinstrumenten zur Erfassung der experimentell-naturwissenschaftlichen Fähigkeiten, des chemischen Fachwissens, der naturwissenschaftlichen Grundbildung und von Motivation und Interesse. Mit Hilfe des NAW-Tests zur Überprüfung experimentell-naturwissenschaftlicher Fähigkeiten konnte gezeigt werden, dass die HIGHSEA-Gruppe im Mittel einen signifikant höheren Lernzuwachs aufweist als die Kontrollgruppe. Auch im Fachwissen und im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung erzielte die HIGHSEA-Gruppe einen signifikant höheren Lernzuwachs als die Kontrollgruppe. Demgegenüber wurden das erwartete höhere naturwissenschaftliche Interesse und eine höhere Lernmotivation der HIGHSEA-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht belegt. Dieser Befund wirft viele Fragen auf, auch mit Blick auf die Effektivität von Schülerlaboren.

Wenn eine recht lange Interventionszeit nicht zum erhofften Erfolg führt, können dann kurzzeitige Besuche von Schülerlaboren wirksam sein? Oder sind sie gerade deshalb wirksam, weil sie nicht zur Routine werden?

Um die Übertragbarkeit des HIGHSEA-Ansatzes auf Grundkurse oder Leistungskurse in der „normalen“ Oberstufe zu überprüfen, müssten sich im Rahmen von explorativen Studien weiterführende videogestützte Unterrichtsanalysen anschließen, und zwar sowohl des Unterrichts am AWI als auch des Unterrichts in den Bremerhavener Oberstufenkursen. Auf diesem Wege können unterscheidende Unterrichtsmerkmale identifiziert werden, die in Interventionsstudien auf ihre Wirksamkeit untersucht werden müssen. Außerdem sollte der Einfluss einer homogen leistungsstarken und hochmotivierten Gruppe auf den Lernzuwachs untersucht werden.

## Dank

Unser Dank gilt dem Alfred-Wegener Institut für Meeresforschung in Bremerhaven, insbesondere Dr. Susanne Gatti und Kerstin von Engeln für ihr großes Engagement, ihre stetige Kooperationsbereitschaft und für die angenehmen Aufenthalte in Bremerhaven. Er gilt aber auch dem Magistrat der Stadt Bremerhaven, insbesondere Herrn Tönißen, der die formalen Rahmenbedingungen für die Datenerhebungen geschaffen hat, und allen beteiligten Lehrkräften sowie den zahlreichen beteiligten Schülerinnen und Schülern.

Außerdem gilt der Dank der DFG für die Einrichtung des GK 902 Naturwissenschaftlicher Unterricht, dass Christian Henke als Kollegiaten hervorragende Lern- und Arbeitsbedingungen ermöglicht hat.

## Literatur

- AAAS – American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Bauer, H. H. (1992). *Scientific Literacy and the Myth of Scientific Method*. Urbana & Chicago: University of Illinois Press.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford & Lederman, N. G. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 487–509.
- Brandt, A., Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2003). Das Chemieexperimentallabor *teuto-lab* als außerschulischer Lernort – Ergebnisse einer Evaluationsstudie. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie* (S. 78–80). Münster: Lit.
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethode und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Burns, B. D. & Vollmeyer, R. (2000). Problem Solving: Phenomena in Search of a Thesis. In L. R. Gleitman & Joshi, A. K. (Eds.), *Proceedings of the Twenty-second Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. (S. 627–632). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy*. (S. 21–43). Opladen: Leske & Budrich.

- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An Experiment is when you try it and see if it works': A Study of Grade 7 Students' Understanding of the Construction of Scientific Knowledge. *International Journal of Science Education* 11(Special), 514–529.
- Chinn, C. A. & Malhorta, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in School: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education* 86(2), 175–218.
- Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, U. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozesse des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 207–221.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 223–238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry* 11(4), 227–268.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material* 5–10. Seelze: Friedrich.
- Dunbar, K. & Klahr, D. (1989). Developmental Differences in Scientific Discovery Processes. In D. Klahr (Ed.), *Complex Information Processing*. (S. 109–143) Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos.
- Engeln, K. & Euler, M. (2004). Forschen statt Pauken: Aktives Lernen im Schülerlabor. *Physik Journal*, 3 (11), 45–48.
- Engeln, K., Euler, M., Prenzel, M. & Ringelband, U. (2003). Lernort Labor- Experimentieren im außerschulischen Rahmen: Erzeugung von situativen Interesse an Schülerexperimentiertagen. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie* (S. 72–75). Münster: Lit.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4(2), 41–52.
- Funke, J. (2004). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gatti, S. (2005). *Stand des HIGHSEA-Projektes April 2005* [gefunden unter [http://www.awi-bremerhaven.de/ClickLearn/SchoolProject/Proj\\_skizze.html](http://www.awi-bremerhaven.de/ClickLearn/SchoolProject/Proj_skizze.html) am 29.4.2005]
- Henke, C. (2006). *Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe – Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*. Berlin: Logos.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Göttingen: Beltz.
- Hidi, S. & Bernsdorff, D. (1998). Situational Interest and Learning. In L. Hoffmann, A. Krapp; K. A. Renninger & J. Baumert (Eds.), *Interest and Learning*. Kiel: IPN
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist* 41(2), 111–127.
- Hüllen, R., Sumfleth, E. & Rumann, S. (2003). SEPP- Schülerexperimentierpraktikum der Universität Essen: Kooperation zwischen Universität und Schulen zur Steigerung des Interesses an Naturwissenschaftlichen Studienfächern. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie* (S. 66–68). Münster: Lit.
- IEA (1996). *TIMSS 1995: IEA's Third International Mathematics and Science Study (Released Set of items for Population 2 and 3)* [gefunden unter <http://timss.bc.edu/timss1995i/Items.html> am 30.8.2006].
- IEA (1998). *TIMSS 1995: Data Almanacs for Achievement Items* [gefunden unter [http://timss.bc.edu/timss1995i/data\\_almanacs\\_95.html](http://timss.bc.edu/timss1995i/data_almanacs_95.html) am 30.8.2006].

- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003) *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Berlin: BMBF.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogik* 47, 179–200.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen – zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 304–321.
- KMK– Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss*, Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland.
- Köller, O., Baumert, J. & Schnabel, K. U. (2000). Zum Zusammenspiel von schulischem Interesse und Lernen im Fach Mathematik: Längsschnittanalysen in den Sekundarstufen I und II. In U. Schiefele & K. P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation*. (S. 163–183). Münster: Waxmann.
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt – Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung – Neuere Ansätze der pädagogisch psychologischen Interessenforschung*. (S. 297–329). Münster: Aschendorff.
- Krapp, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation: Perspektiven der Forschung und Probleme ihrer pädagogischen Rezeption. *Zeitschrift für Pädagogik* 39(2), 187–206.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 14, 23–40.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse: Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. *Zeitschrift für Pädagogik* 45(3), 387–406.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical Considerations from an Ontogenetic Perspective. *Learning and Instruction* 12, 383–409.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (1992). *Interesse, Lernen, Leistung: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Lernforschung*. Münster: Aschendorff.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., Weiß, M. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science*. (S. 301–317). Dordrecht: Kluwer.
- Marsh, H. W. & Parker, J. W. (1984). Determinants of student self-concept: Is it better to be a relatively large fish in a small pond even if you don't learn to swim as well? *Journal of Personality and Social Psychology* 47(1), 213–231.
- Mayer, R. E. & Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transfer. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*. (S. 47–62). New York: Routledge.
- McComas, W. (1996). Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know about the Nature of Science. *School Science Mathematics* 96(1), 10–16.
- Melle, I., Parchmann, I. & Sumfleth, E. (2004). Kerncurriculum Chemie – Ziele, Rahmenbedingungen und Ansatzpunkte. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe II. Biologie, Chemie, Geschichte, Politik*. (S. 85–147). Weinheim: Beltz.
- Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary School Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology* 85(3), 424–436.

- Palinscar, A. S., Anderson, C. & David, Y. M. (1993). Pursuing Scientific Literacy in the Middle Grades through Collaborative Problem Solving. *The Elementary School Journal* 95(5), 643–658.
- Pekrun, R. (1983). *Schulische Persönlichkeitsentwicklung*. Frankfurt: Lang.
- Pfeifer, P. (2003). Was heißt „naturwissenschaftliches Arbeiten“?. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 14(4), 7–11.
- Prenzel, M. (1992). The Selective Persistence of Interest. In K. A. Renniger, S. Hidi & A. Krapp (Eds.), *The Role of Interest, Learning and Development*. (S. 71–98). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ringelband, U., Prenzel, M. & Euler, M. (2001). *Lernort Labor: Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft*. Kiel: Leibnitz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Roeder, P. M. & Gruehn, S. (1997). Geschlecht und Kurswahlverhalten. *Zeitschrift für Pädagogik* 42, 877–894.
- Ryan, R. M. (1995). Psychological Needs and the Facilitation of Integrative Processes. *Journal of Personality* 63, 398–427.
- Ryan, R. M. & Conell, J. P. (1989). *Self-regulation questionnaire* (Unpublished manuscript). Rochester: University of Rochester.
- Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. (2004). Explanation-Driven Inquiry: Integrating Conceptual and Epistemic Scaffolds for Scientific Inquiry. *Science Education* 88(3), 345–372.
- Schiefele, H. (1986). Interesse – Neue Antworten auf ein altes Problem. *Zeitschrift für Pädagogik* 32, 153–162.
- Schiefele, H. (2000). Befunde – Fortschritte – neue Fragen. In U. Schiefele & K. P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation*. (S. 227–241). Münster: Waxmann.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Winteler, A. (1992). Interest as a Predictor of Academic Achievement: A meta-analysis of research. In K. A. Renniger, S. Hidi & A. Krapp (Eds.), *The Role of interest in learning and development*. (S. 183–212). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K. P. & Winteler, A. (1993). Der „Fragebogen zum Studieninteresse“ (FSI). *Diagnostica* 39, 335–351.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education* 88(4), 610–645.
- Senator für Bildung und Wissenschaft, Bremen (Hrsg.) (2002). *Chemie Rahmenplan für die Sekundarstufe II gymnasiale Oberstufe der Freien Hansestadt Bremen*. [gefunden unter <http://lehrplan.bremen.de/sek2a/aufgabenfeld3/chemie/rahmenplan> am 11.9.2006]
- Simon, H. A. (1977). *Models of discovery*. Dordrecht: D. Reidel.
- Sumfleth, E. & Wild, E. (2001). *Schulische und familiäre Bedingungen des Lernens und Lernmotivation im Fach Chemie: Evaluation eines integrierten Interventionskonzeptes zur Säure-Base-Thematik*. Zwischenbericht an die DFG.
- Taylor, P. C., Fraser, J. B. & Fisher, D. L. (1997). Monitoring constructivist Classroom Learning Environments. *International Journal of Educational Research* 27 (4), 293–302.
- Tobias, S. (1994). Interest, Prior Knowledge and Learning. *Review of Educational Research* 64, 37–54.
- Tönißen, J. (2001). *Naturwissenschaftliches Zentrum – Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut (AWI) in der gymnasialen Oberstufe*. Magistrat der Stadt Bremerhaven 40/3.
- Wild, K. P. & Krapp, A. (1995). Elternhaus und intrinsische Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6), 579–595.

**Anhang**

Tab. 7: Vergleich der HIGHSEA-Gruppe des Evaluationsjahrgangs mit der Gesamtheit der getesteten Schüler

Variable	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	T-Testergebnis
kognitive Fähigkeiten	AWI	21	41,67	8,14	t(97)=3.268
	non AWI	78	34,72	8,78	p < .01
Fachwissen	AWI	21	35,76	5,3	t(97)=2,883
	non AWI	78	31,96	5,38	p < .01
Naturw. Grundbildung	AWI	21	18,05	3,06	t(97)=3,081
	non AWI	78	15,4	3,6	p < .01
Motivation	AWI	21	3,53	0,33	t(48,6)=2,646
	non AWI	78	3,29	0,5	p < .05
Interesse	AWI	21	3,4	0,42	t(55,7)=6,317
	non AWI	78	2,61	0,73	p < .001
Selbstkonzept	AWI	21	3,17	0,59	t(96)=4,274
	non AWI	77	2,46	0,7	p < .001

**KONTAKT**

Prof. Dr. Elke Sumfleth  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70, 45127 Essen  
 elke.sumfleth@uni-due.de

**AUTORENINFORMATION**

Dr. Christian Henke war Mitglied des DFG-Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen. Er ist zurzeit Studienrat am Steinbart-Gymnasium in Duisburg.

Dr. Elke Sumfleth ist Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen und Sprecherin des DFG-Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt in der empirischen Lehr-Lern-Forschung in Chemie.

