

Koedukation im Physikunterricht. Eine Interventionsstudie auf der Sekundarstufe II

Walter Herzog, Peter Labudde, Charlotte Gerber,
Markus P. Neuenschwander und Enrico Violi

Der koedukative Schulunterricht stösst seit einigen Jahren auf Kritik. Er ist mit Problemen verbunden, die sich vor allem für die Mädchen als nachteilig erweisen. Dies gilt insbesondere für Fächer wie Physik und Chemie, in denen sich die Schülerinnen nur wenig gefördert fühlen, ihr Interesse wenig ausgeprägt ist und sie leistungsmässig schwächer abschneiden. Im vorliegenden Beitrag werden der theoretische Hintergrund und die methodische Anlage eines Forschungsprojektes vorgestellt. Dieses geht der Frage nach, wie der Physikunterricht verbessert werden kann, damit er zu einer stärkeren Beteiligung und zu besseren Leistungen der Mädchen führt. Kern des Projekts bildet eine Intervention, bei der alternative Unterrichtseinheiten zum Einsatz gelangt sind und ein Teil der Lehrpersonen für die Problematik des koedukativen Physikunterrichts sensibilisiert und während der Intervention supervidiert worden ist.

Durch die Einführung des koedukativen Unterrichts ist an Gymnasien eine formale Angleichung der Bildungschancen der Frauen an diejenige der Männer in die Wege geleitet worden. Dieser Prozess der Gleichstellung der Geschlechter kann insofern als erfolgreich bezeichnet werden, als die Quote der Maturandinnen mittlerweile derjenigen der Maturanden entspricht (Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1996: 341, 347). Innerhalb einer kurzen Zeitspanne hat sich im schweizerischen Bildungswesen ein gewaltiger Strukturwandel abgespielt, der – denkt man an die nach wie vor bestehenden Ungleichheiten in der Berufsbildung und im Tertiärbereich (Bundesamt für Statistik 1993; EDK 1992: 36ff.) – zweifellos noch nicht an sein Ende gelangt ist.

Die Transformation des Bildungswesens dürfte auch deshalb weitergehen, weil die Ungleichheiten der Geschlechter in *qualitativer* Hinsicht andauern. Das Spektrum der Wahlen von Maturitätstyp, Beruf und Studienfach ist bei den Mädchen und Frauen deutlich enger als beim männlichen Geschlecht. Des weiteren bevorzugen Frauen traditionelle, mit den überkommenen Attributen der Weiblichkeit verbundene Berufe und Studienfächer (Bundesamt für Statistik 1993: 43; EDK 1992: 40–45). Frauen sind insbesondere in den naturwissenschaftlich-technischen Berufen untervertreten. 1994 wurden nur gerade zehn Prozent der Diplome in den «Exakten Wissenschaften» an Frauen vergeben, während sie unter den Diplomandinnen und Diplomanden der Sprach- und Literaturwissenschaften zu 66 Prozent vertreten waren. Fachrichtungen mit einem Frauenanteil von über 50 Prozent gehören fast durchwegs zur Gruppe der Geistes- und Sozialwissenschaften (Holenstein/Ryter 1992: 47; Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1996: 349).

Auch wenn man annimmt, dass für das Wahlverhalten der Frauen Gründe verantwortlich sind, die in der Struktur der gesellschaftlichen Arbeitsteilung und in der Schwierigkeit der Vereinbarkeit heterogener Erwartungen an die weibliche Geschlechtsrolle liegen (Flitner 1992), ist ein Einfluss der Schule nicht von der Hand zu weisen. Die Traditionalität der weiblichen Studienwahlen ist denn auch mit ein Grund, weshalb sich die breite Verwirklichung des koedukativen Gymnasialunterrichts nur für kurze Zeit als unbestrittene Errungenschaft halten konnte. Bereits Ende der siebziger Jahre wurden erste Untersuchungen – vor allem aus den USA und Grossbritannien – bekannt, die nachweisen konnten, dass Mädchen in koeduzierten Schulklassen andere Erfahrungen machen und anders behandelt werden als Knaben. Es ist auch deutlich geworden, dass Mädchen vor allem in den Fächern Physik und Chemie wenig gefördert werden, ihr Interesse wenig ausgeprägt ist und ihre Leistungen entsprechend schwach bleiben. Hierbei ist im Auge zu behalten, dass es um relative Differenzen geht und auch Knaben in diesen Fächern oft wenig Motivation und Erfolg zeigen.

Im deutschsprachigen Raum hat die Bildungsforschung auf die Ergebnisse zur relativen Benachteiligung von Mädchen und Frauen im Naturwissenschaftsunterricht¹ nur zögerlich reagiert. In der Schweiz ist das Thema erst Ende der achtziger Jahre lanciert worden; Forschungsaktivitäten sind praktisch keine zu verzeichnen. Im folgenden berichten wir von einem Projekt zur *Koedukation im Physikunterricht*, das seit Mai 1994 an der Universität Bern durchgeführt wird.² Das Projekt ist als Interventionsstudie angelegt worden und hat die Ausarbeitung und Überprüfung eines Massnahmenpakets zur besseren Integration von Mädchen in den Physikunterricht der Sekundarstufe II zum Ziel. Das Massnahmenpaket umfasst didaktische Materialien, die einen «mädchengerechten» Unterricht ermöglichen sollen, und Sensibilisierungs- und Supervisionsmassnahmen. Die letzteren sollen dazu dienen, die Lehrkräfte auf geschlechtsspezifische Interaktions- und Verhaltensweisen sowie auf die besonderen Probleme von Schülerinnen im Physikunterricht aufmerksam zu machen.

Der vorliegende Beitrag bezieht sich auf die Voraussetzungen, die Fragestellung und die Untersuchungsanlage des Projektes. Er beschränkt sich im wesentlichen auf die theoretischen und methodischen Aspekte der Untersuchung. Da bei einer Interventionsstudie die Kooperation mit den beteiligten Lehrpersonen eine wichtige Rolle spielt, werden wir auch darauf eingehen, wie wir die Zusammenarbeit mit den Praktikerinnen und Praktikern gestaltet haben. Darüber hinaus werden einige deskriptive Informationen zur Zusammensetzung der Stichprobe gegeben. Wir beginnen mit einer Skizzierung von Problemaufriss und Fragestellung (1), geben einen Überblick über das Forschungsdesign und die Untersuchungsgruppen (2), stellen die Methoden der Datenerhebung dar (3), schildern die Durchführung der Studie (4) und schliessen mit einem Ausblick auf die weitere Projektarbeit ab (5).

1. Problemstellung und Forschungsziele

In verschiedenen Untersuchungen erscheint die Physik im Urteil von Schülerinnen und Schülern als unbeliebtes Fach. Obwohl auch die Knaben keine grosse Begeisterung zeigen, sind es vor allem die Mädchen, die den Physikunterricht wenig mögen (Beerman/Heller/Menacher 1992: 18f.; Faulstich-Wieland 1991: 73–81; Häuselmann 1984; Hannover 1991: 170; Hoffmann/Lehrke 1986; Kubli 1987: 100f.; von Martial 1987). Es ist nicht anzunehmen, dass Mädchen für Physik weniger begabt sind, vermag doch die neuere Forschung im kognitiven Bereich nur mehr bedingt Geschlechtsunterschiede festzustellen (Beerman/Heller/Menacher 1992: 29ff.; Hagemann-White 1984; Maccoby 1990). Wir nehmen daher an, dass die Probleme der Mädchen im Physikunterricht *motivationaler* Art sind und aus dem Zusammenspiel verschiedener Faktoren entstehen, die im folgenden diskutiert werden. Dabei beanspruchen wir nicht, eine systematische Darstellung der inzwischen umfangreichen Forschungslage zu geben, sondern anhand ausgewählter Studien die Voraussetzungen unseres Projekts zu illustrieren (1.1). Anschliessend erläutern wir die Fragestellung der Interventionsstudie (1.2) und stellen die Kriterien vor, nach denen wir bei der Umsetzung der Fragestellung vorgegangen sind (1.3).

1.1. Zum Stand der Koedukationsforschung in der Naturwissenschaftsdidaktik

Verschiedene Studien zum *Interaktionsverhalten* in koedukativen Schulklassen zeigen eine stärkere Aufmerksamkeit der Lehrkräfte für die Knaben und unterschiedliche Reaktionen auf leistungs- und nicht-leistungsbezogenes Verhalten von Schülerinnen und Schülern (Brophy 1985; Enders-

Dragässer/Fuchs 1989; Kelly 1988). Während Mädchen insgesamt kaum weniger gelobt werden als Knaben, erhalten die letzteren mehr Tadel als die ersteren. Dabei scheint eine wesentliche Ursache dieser Geschlechterdifferenz in den häufigeren Unterrichtsstörungen durch Knaben zu liegen, während das Wohlergehen der Mädchen insofern positiv aufzufallen scheint, als es die Klassenführung und die soziale Integration der Schulklasse erleichtert. Lehrkräfte neigen dazu, bei leistungsirrelevantem Verhalten die Mädchen eher zu loben und die Knaben eher zu tadeln. Umgekehrt fällt der Lehrtadel vergleichsweise stärker auf das Leistungsverhalten der Mädchen und schwächer auf das leistungsrelevante Verhalten der Knaben (Dweck/Davidson/Nelson/Enna 1978). Insbesondere im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht interagieren Lehrkräfte weniger häufig und weniger intensiv mit Schülerinnen als mit Schülern (Brophy 1985: 130f.; Kelly 1988: 8f.).³ Verglichen mit Sprachlehrkräften berichten Physik- oder Chemielehrkräfte über mehr Unterstützung und Beratung der Knaben und von einer längeren Wartezeit, bevor sie Knaben kritisieren und loben (Worrall/Tsarna 1987). Es ist anzunehmen, dass die unterschiedliche Beachtung, die Mädchen in ihrem Leistungs- und Sozialverhalten erfahren, für den eher ungünstigen Verlauf ihrer Leistungsselbstwahrnehmung mitverantwortlich ist.

Allerdings können ungünstige Wirkungen des Lehrerverhaltens nicht in allen Fächern beobachtet werden (Eccles 1989; Ryckman/Peckham 1987). Es müssen daher weitere Bedingungen erfüllt sein, damit Schülerinnen die interaktionale Ungleichbehandlung durch die Lehrperson in Selbstwertdefizite und in einen ungünstigen Attributionsstil umsetzen. Ausschlaggebend scheinen einerseits unterschiedliche *Vorerfahrungen* mit den Inhalten des Unterrichtsfachs zu sein und andererseits Erwartungshaltungen bzw. *Vorurteile* der Eltern und der Lehrkräfte. Vor allem die naturwissenschaftlich-technischen Fächer sind auf eine Erfahrungswelt bezogen, die vor- und ausserschulisch eher den Knaben als den Mädchen zugänglich ist (Johnson 1987; Sjöberg/Imsen 1988). Knaben interessiert schon früh, «wie die Dinge funktionieren», während Mädchen eher Interesse an Fragen der Gesundheit, des menschlichen Körpers, der Ernährung und an ästhetischen Aspekten der Umwelt zeigen. Insgesamt machen Knaben im Rahmen ihrer vor- und ausserschulischen Aktivitäten mehr Erfahrungen, die im Physikunterricht von Vorteil sind: Umgang mit mechanischen und elektrischen Geräten, Auseinandernehmen und Zusammensetzen von Gegenständen, Modellbau etc.

Die Nachteile, mit denen Mädchen aufgrund ihrer ausserschulischen Erfahrungen in den Physikunterricht eintreten, werden verstärkt durch die im allgemeinen eher *geringen Erwartungen* der Eltern (insbesondere der Mütter) an den Leistungserfolg ihrer Töchter in Mathematik und Naturwissenschaften (Eccles/Jacobs 1986). Auch Lehrkräfte haben oft geringe Erwartungen an die Leistungsfähigkeit von Mädchen im Naturwissenschaftsunterricht (Tiedemann 1995; Worrall/Tsarna 1987).

Es scheint, dass stereotype Erwartungen an das Verhalten und die Leistungen von Schülerinnen und Schülern in Fächern, die in ihrem Inhalt und Charakter *geschlechtstypisiert* werden, besonders ausgeprägt sind. Wie ver-

schiedene Untersuchungen zeigen, ist das Bild, das sich Schülerinnen und Schüler von Physik und Chemie machen, stark männlich geprägt (Kahle 1988; Weinreich-Haste 1981). Sprachliche Fächer werden demgegenüber eher als weiblich wahrgenommen. Zur Geschlechtstypisierung der Fächer gehört auch, dass die Erwartungen der Schülerinnen und Schüler, mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern später «etwas anfangen» zu können, unterschiedlich ausgeprägt sind. Physik wird von Schülerinnen *und* Schülern als wichtig für typisch männliche Berufe beurteilt, während Biologie eher als wichtig für typisch weibliche Berufe wahrgenommen wird (Johnson 1987: 473). Der antizipierende Blick auf die Berufswelt trägt mit zum relativen Desinteresse der Mädchen an mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern bei.

Zusammengenommen geben die referierten Untersuchungen ausreichend Evidenz für das relativ geringe Interesse von Mädchen an den Fächern Physik und Chemie. Dem geringen Interesse entsprechen auch vergleichsweise geringe Leistungen. Standardisierte Tests, die in England, Wales und Nordirland von 1980 bis 1984 durchgeführt wurden, zeigen deutlich bessere Physikleistungen von Knaben in den Altersgruppen der 11-, 12- und 13jährigen, während die Geschlechtsdifferenzen in Biologie geringer und bei den 15jährigen sogar leicht zugunsten der Mädchen ausfallen (Johnson 1987: 474f.). Auch in der Schweiz liegen die Leistungen 13jähriger Mädchen in Mathematik und Naturwissenschaften signifikant tiefer als diejenigen der gleichaltrigen Knaben (Moser 1992; Moser/Ramseier/Keller/Huber 1997). Sowohl das Desinteresse der Mädchen als auch die Leistungsunterschiede zwischen den Geschlechtern nehmen in Physik über die Zeit hinweg zu (Häussler/Hoffmann 1990; Hoffmann/Lehrke 1986; Kubli 1987)⁴.

1.2. Fragestellung

Aufgrund der vorangehend dargestellten Studien zum koedukativen Naturwissenschaftsunterricht ergeben sich folgende Fragen für unser Projekt.

- Wodurch werden die Interessen, Erwartungen und Leistungen von Mädchen und Knaben im Physikunterricht bedingt? Welche Rolle spielen familiärer Kontext, Vorerfahrungen, Intelligenz, Selbstkonzept, schulische Motivation usw.?
- Welche didaktischen Kriterien muss ein Physikunterricht erfüllen, um den spezifischen Vorerfahrungen und Interessen von Mädchen gerecht zu werden, vor allem hinsichtlich Stoffauswahl, Integration des Vorverständnisses und Unterrichtsmethoden?
- Wie ist der Anfangsunterricht im Fach Physik der Sekundarstufe II zu gestalten, um die Interessen, Einstellungen und Leistungen der Mädchen zu verbessern?

- Wie sind Lehrerinnen und Lehrer für die Probleme von Mädchen im koedukativen Physikunterricht zu sensibilisieren? Welchen Stellenwert haben Sensibilisierungs- und Supervisionsmassnahmen im Vergleich zu Massnahmen auf der didaktischen Ebene?

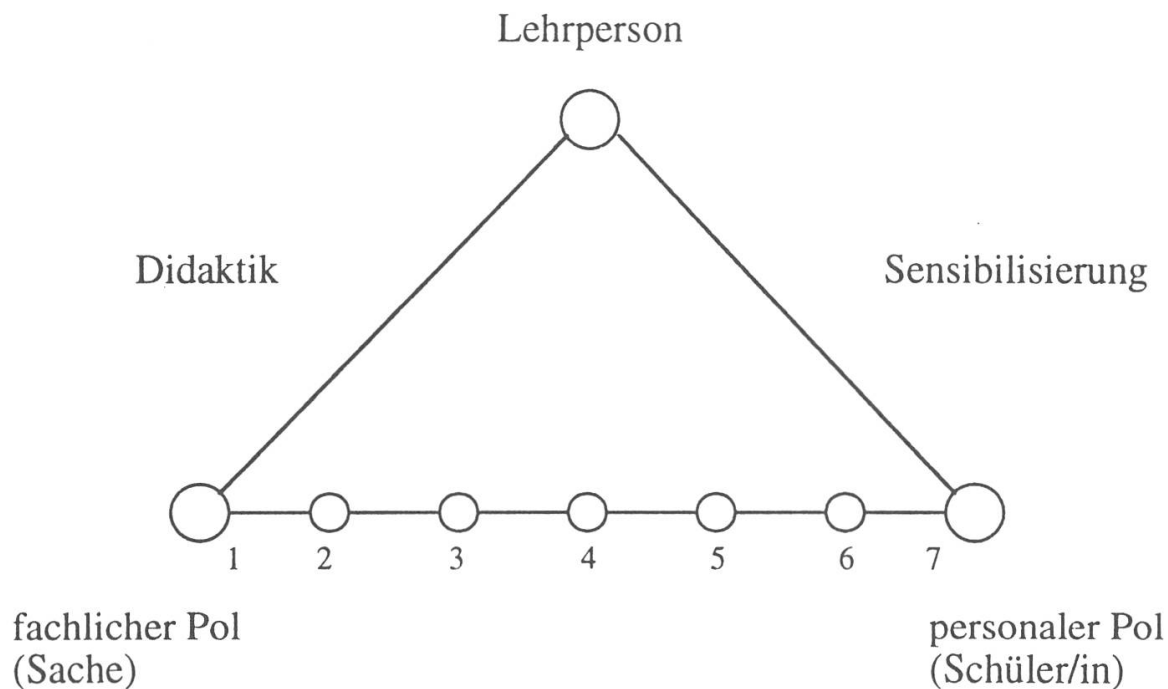
Wir nehmen an, dass eine Verbesserung des Physikunterrichts zugunsten von Mädchen einer doppelten Strategie zu folgen hat. Einerseits sind die Lehrkräfte für die besonderen Probleme von Mädchen im Physikunterricht zu *sensibilisieren*, andererseits sind *didaktische Massnahmen* zu treffen, die eine bessere Integration der Mädchen in den Unterricht erlauben. Für die Notwendigkeit sensibilisierender Massnahmen spricht die Beobachtung, dass sich Lehrkräfte über ihr geschlechtsspezifisches Interaktionsverhalten kaum bewusst sind (Brophy 1985: 127; Enders-Dragässer/Fuchs 1989; Kelly 1988: 14).

Für die beiden Massnahmenbereiche – Sensibilisierung und Didaktik – sind verschiedene Strategien entwickelt worden, die im Abschnitt 2 ausführlich diskutiert werden. Die Strategien orientieren sich an einem Kriterienkatalog, der im folgenden vorgestellt wird.

1.3. Kriterien eines «mädchengerechten» Physikunterrichts

Die Kriterien für einen «mädchengerechten» Physikunterricht⁵ sind auf der Grundlage unserer Analyse des Forschungsstandes (vgl. Abschnitt 1.1) und in Anlehnung an andere Projekte erarbeitet worden. Insgesamt unterscheiden wir *sieben* Kriterien, die zwischen einem fachlichen und einem personalen Pol liegen (Herzog 1996). Die beiden Pole bilden die Endpunkte einer Strecke, die als Basis des «didaktischen Dreiecks» verstanden werden kann (Abbildung 1). Insofern die der Basis gegenüberliegende Ecke des Dreiecks die Lehrkraft repräsentiert, lässt sich veranschaulichen, wie die didaktischen Massnahmen mit den Sensibilisierungsmassnahmen zusammenspielen. Die auf der Basis des Dreiecks aufgetragenen Kriterien lassen sich auf die beiden Schenkel des Dreiecks projizieren. Damit wird ersichtlich, dass die Kriterien nicht nur für die im engeren Sinne didaktische Seite des Projekts gelten, sondern auch für die pädagogische Seite, die wir über die Sensibilisierung der Lehrpersonen zu beeinflussen versuchen.

Abb. 1: Sieben Kriterien eines «mädchengerechten» Physikunterrichts



Im folgenden werden die sieben Kriterien kurz erörtert (für eine ausführlichere Darstellung vgl. Herzog 1996).

1. Der Unterricht ist so zu gestalten, dass auf die unterschiedlichen *Vorerfahrungen* der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Physik und Technik Rücksicht genommen wird. Die Vorkenntnisse der Mädchen und Knaben sind didaktisch zu reflektieren. Der Unterricht soll sich in der Wahl von Beispielen und Illustrationen an den unterschiedlichen auserschulischen Erfahrungen von Mädchen und Knaben orientieren.
2. Der Unterricht ist *sprachlich* so zu gestalten, dass er für beide Geschlechter verständlich ist. Es ist darauf zu achten, dass nicht unreflektiert Ausdrücke verwendet werden, die nur dem einen Geschlecht geläufig sind. Termini, die auch im Alltag verwendet werden, sind sorgfältig zu klären. Die physikalische Fachsprache soll nur mässig gebraucht werden. Es ist eine Unterrichtssprache zu verwenden, bei der die Differenz von phänomenaler und modellhafter Wirklichkeit ersichtlich wird.
3. Der Unterricht ist hinsichtlich der Lehrstoffe *kontextuell* zu gestalten. Themen und Inhalte werden nicht abstrakt dargeboten, sondern in bezug auf deren Bedeutung für den Alltag oder für andere Disziplinen. Die Stoffe werden in wissenschaftshistorische oder -theoretische Kontexte eingebettet oder im Hinblick auf aktuelle gesellschaftliche Probleme dargestellt. Durch Kontextualisierung der Themen kann gezeigt werden, dass die Physik nicht mit einem abstrakten Gegenstand Natur zu tun hat,

sondern mit einem *Verhältnis*, das Menschen zu bestimmten Zwecken und aufgrund spezifischer Interessen mit der Natur eingehen.

4. Der Unterricht hat auf den besonderen *Lern- und Arbeitsstil* von Mädchen Rücksicht zu nehmen. Dieser ist eher kooperativ als kompetitiv. Den Mädchen ist ausreichend Zeit für das Lösen von Aufgaben einzuräumen. Gruppenarbeiten sind geschlechtshomogen durchzuführen. Es ist darauf zu achten, dass der expansive Umgang von Knaben mit technischen Geräten den aufgabenorientierten Lernstil der Mädchen nicht stört. Die Schülerinnen und Schüler sind möglichst aktiv am Unterricht zu beteiligen.
5. Der Unterricht ist *kommunikativ und argumentativ* zu gestalten. Die Sprache ist als Medium einzusetzen, um physikalische Alltagsvorstellungen aufzudecken und zur Diskussion zu stellen. Die Auseinandersetzung mit den Wissensinhalten soll diskursiv erfolgen. Idealerweise fungiert die Schulklasse als Ort der Wahrheitsfindung durch experimentierende und argumentierende Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Dies kann mündlich wie auch schriftlich geschehen.
6. Der Unterricht hat unvorteilhaften *Leistungsattributionen* entgegenzuwirken. Die Lehrkraft soll vermeiden, die bei Mädchen verbreitete Neigung, Misserfolge auf fehlende Begabung und Erfolge auf günstige äußere Umstände zurückzuführen, zu verstärken. Bei der Gestaltung des Unterrichts und bei den Interaktionen mit den Schülerinnen und Schülern ist darauf zu achten, dass auch die Mädchen in ihrem Leistungselbstvertrauen gefördert werden.
7. Der Unterricht ist so zu gestalten, dass der Eindruck vermieden wird, Physik sei eine *Männerdomäne*. Die aktive Teilnahme am Physikunterricht darf für die Mädchen nicht in Widerspruch zur Entwicklung ihrer weiblichen Geschlechtsidentität geraten. Es ist zu vermeiden, dass der Physikunterricht zum Antistereotyp von Femininität wird.

2. Forschungsdesign

Auf der Grundlage der im vorangehenden Abschnitt dargestellten Kriterien für einen «mädchengerechten» Physikunterricht haben wir zwei Unterrichtseinheiten entwickelt und Massnahmen für die Sensibilisierung von Physiklehrkräften erarbeitet. Die Sensibilisierungsmassnahmen bestehen aus einer vor der Interventionsphase durchgeführten Sensibilisierung im engeren Sinn und aus verschiedenen Supervisionen während der Intervention. Im folgenden berichten wir über das Untersuchungsdesign (2.1), die Unterrichtseinheiten (2.2), die Sensibilisierung der Lehrpersonen (2.3) und die Supervision der Lehrpersonen (2.4).

2.1. Untersuchungsanlage und Interventionsgruppen

Ziel der Interventionsstudie ist die empirische Überprüfung der Wirksamkeit der beiden Massnahmenpakete Didaktik und Sensibilisierung im Rahmen eines quasi-experimentellen Designs. Es wird erwartet, dass sowohl die Unterrichtung mit «mädchengerechten» Unterrichtseinheiten als auch die Sensibilisierung und Begleitung der Lehrkräfte je einen eigenständigen Beitrag zur Verbesserung der Situation der Mädchen im Physikunterricht leisten. Dabei rechnen wir mit Effekten in den Bereichen Interesse, Einstellungen, leistungsbezogene Selbstwahrnehmung und Leistung im Physikunterricht.

Auf der Basis der beschriebenen Kriterien für einen «mädchengerechten» Physikunterricht haben wir in Zusammenarbeit mit einer Gruppe von Lehrkräften, die die *Experimentalgruppe I* bildeten, zwei Unterrichtseinheiten zur *Optik* und *Kinematik* entwickelt. Durch die Beteiligung an der Ausarbeitung der didaktischen Materialien wurden die Lehrkräfte der Experimentalgruppe I am stärksten in unser Projekt involviert. Sie haben sich nicht nur an der Entwicklungsarbeit für die Intervention beteiligt, sondern die beiden Unterrichtseinheiten in ihrem Unterricht auch selber durchgeführt. Des Weiteren sind sie von uns für die pädagogische Seite des Projektes sensibilisiert und während der Intervention supervidiert worden.

Eine zweite Gruppe von Lehrpersonen bildete die *Experimentalgruppe II*. Im Unterschied zur Gruppe I haben sich die Mitglieder der Gruppe II an der Entwicklung der Unterrichtseinheiten *nicht* beteiligt. Ansonsten stimmen sie von der Untersuchungsanlage her mit den Lehrkräften der Gruppe I überein.

Eine dritte Gruppe von Lehrpersonen bildete die *Experimentalgruppe III*. Diese Lehrkräfte sind weder sensibilisiert noch supervidiert worden. Sie haben sich auch nicht an der Entwicklung der Unterrichtseinheiten beteiligt, jedoch haben sie diese – wie die Experimentalgruppen I und II – in ihrem Unterricht durchgeführt.

Eine vierte Gruppe von Lehrkräften bildete schliesslich die *Kontrollgruppe*. Die Mitglieder dieser Gruppe haben sich weder an der Entwicklung der Unterrichtseinheiten beteiligt, noch haben sie diese in ihrem Unterricht durchgeführt. Sie sind von uns auch nicht sensibilisiert worden und haben keine Supervision erhalten. Die einzige Übereinstimmung mit den Experimentalgruppen I bis III liegt darin, dass die Lehrkräfte dieser Gruppe ebenfalls die beiden Themen Optik und Kinematik im gleichen zeitlichen Umfang unterrichteten, allerdings nach ihrem gewohnten didaktischen Vorgehen.

Um die gemäss Forschungsdesign erwarteten Effekte überprüfen zu können, sind auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zu insgesamt drei Zeitpunkten Messungen vorgenommen worden: eine Anfangserhebung vor Beginn der Intervention, eine Zwischenerhebung nach Abschluss der ersten Unterrichtseinheit und eine Schlusserhebung nach Beendigung der zweiten Unterrichtseinheit (vgl. Abschnitt 3). Tabelle 1 gibt eine Gesamtdarstellung von Projektdesign und Projektverlauf.

Tab. 1: Überblick über Projektdesign und Projektverlauf

	Expgr. I	Expgr. II	Expgr. III	Kontrgr.
Jan. 95 bis Sept. 95	In Zusammen- arbeit mit der Projektgrup- pe Entwick- lung der Un- terrichtsein- heiten Optik und Kinema- tik			
Aug. 95	Eingangser- hebung	Eingangser- hebung	Eingangser- hebung	Eingangser- hebung
Aug. 95	Sensibilisie- rung I und II	Sensibilisie- rung I und II		
Aug. 95 bis Sept. 96	Einsatz der Unterrichts- einheiten Op- tik und Kine- matik	Einsatz der Unterrichts- einheiten Op- tik und Kine- matik	Einsatz der Unterrichts- einheiten Op- tik und Kine- matik	normaler Un- terricht in Op- tik und Kine- matik
Okt. bis Dez. 95	Supervision I: Intervision	Supervision I: Intervision		
Okt. bis Dez. 95	Supervision II: qualitative Interviews	Supervision II: qualitative Interviews		
Nov. 95	Supervision III: Rückmel- dung zur Da- tenanalyse der Eingangs- erhebung	Supervision III: Rückmel- dung zur Da- tenanalyse der Eingangs- erhebung		
Dez. 95/ Jan. 96	Wissenstest Optik	Wissenstest Optik	Wissenstest Optik	Wissenstest Optik
Jan./ Feb. 96	Supervision IV: Unter- richtsbe- obachtung	Supervision IV: Unter- richtsbe- obachtung		
Jan. bis Sept. 96	Wissenstest Kinematik	Wissenstest Kinematik	Wissenstest Kinematik	Wissenstest Kinematik
Jan. bis Sept. 96	Schlusserhe- bung	Schlusserhe- bung	Schlusserhe- bung	Schlusserhe- bung

Wie Tabelle 1 entnommen werden kann, ist die Intervention auf ein halbes Schuljahr angelegt worden. Die streuenden Zeiten in der zweiten Projekthälfte sind Ausdruck der Tatsache, dass wir es mit Klassen unterschiedlichen Schultyps zu tun hatten, die je nach dem zwei oder drei Physiklektionen pro Woche hatten. Dazu sind in einzelnen Klassen Lektionsausfälle gekommen (Studienwochen, Abwesenheit der Lehrkraft u.a.), was sich ebenfalls auf die Dauer der Intervention auswirkte. Die Unterschiede zeigen sich besonders deutlich bei der dritten Messung, d.h. beim Abschluss der zweiten Unterrichtseinheit.

2.2. Entwicklung der Unterrichtseinheiten

Für die Entwicklung der beiden Unterrichtseinheiten «Geometrische Optik» und «Kinematik» bildeten die Kriterien eines «mädchengerechten» Physikunterrichts (vgl. 1.2) den Hauptbezugspunkt. Die Kriterien lagen den an der Erarbeitung der Unterrichtseinheiten beteiligten Lehrkräften der Experimentalgruppe I in Form von konkreten Fragen («Checkliste I») vor und wurden im Verlaufe der Entwicklungsarbeit immer wieder zur Kontrolle herbeigezogen.

Drei weitere Rahmenbedingungen für die Erstellung der beiden Unterrichtseinheiten waren die folgenden: Es galt 20 Lektionen je Einheit zu erarbeiten. Die Einheiten hatten lehrplankonform zu sein. Sie sollten keinen besonderen apparativen und zeitlichen Aufwand erfordern, der eine Umsetzung in einer durchschnittlichen Schweizer Mittelschule verunmöglichen würde.

Die Lehrkräfte der Experimentalgruppe I trafen sich zwischen Januar und August 1995 ungefähr alle zwei Wochen zu gemeinsamen Sitzungen, die von einem Mitglied des Projektteams geleitet wurden. Zunächst arbeiteten alle Beteiligten ein Grobkonzept für die Entwicklung der Unterrichtseinheiten aus. Danach erfolgte eine Arbeitsteilung: Je drei Personen bildeten eine Untergruppe, die für die Ausarbeitung von je einer Unterrichtseinheit zuständig war. In den gemeinsamen Sitzungen wurden die Ergebnisse der Untergruppen vorgestellt, kommentiert und ergänzt.

2.2.1. Unterrichtseinheit Optik

Die Unterrichtseinheit Optik trägt das Leitmotiv «Wir sehen und machen Bilder». Sie ist in fünf Blöcke gegliedert. Im Block 1 brachten die Jugendlichen in Form eines Brainstormings und einer Netzdarstellung («mind map») ihre Vorkenntnisse ein. Im Block 2 wurden anhand von eigenen Experimenten die Grundeigenschaften von Licht und Schatten erarbeitet. In Block 3 wurde das Thema «Reflexion» behandelt, wobei die Beobachtung der Lichtreflexion nicht auf einer ebenen, sondern auf einer gekrümmten Fläche erfolgte. In Block 4 galt es, sich in die Perspektive eines Fisches im Wasser

zu versetzen und die Brechung am Beispiel der beiden Medien Luft und Wasser zu diskutieren. Block 5 beinhaltete einerseits die Zerlegung des Lichts in seine Spektralfarben, was von den Jugendlichen mittels eigener Experimente untersucht wurde. Andererseits wurde die Entstehung der Farben durch subtraktive Farbmischung von der Lehrperson demonstriert. Der Block 6, überschrieben mit «Atmosphärisches und Technisches», umfasste zeitlich etwas mehr als einen Drittel der Unterrichtseinheit und stand ganz im Zeichen von Schüleraktivitäten und Gruppenarbeiten zu Themen wie Regenbogen, Fata Morgana, Camera obscura, menschliches Auge und optische Geräte. In Form von Vorträgen und Plakaten wurden den Mitschülerinnen und -schülern die durchgeführten Experimente und deren Ergebnisse vorgestellt.

2.2.2. Unterrichtseinheit Kinematik

Das Leitmotiv der Unterrichtseinheit Kinematik lautete: «Bewegung ist Leben, Leben ist Bewegung». Im Block 1 brachten die Schülerinnen und Schüler anhand eines Klassenexperiments (Rollschuhfahrt auf der schiefen Ebene) ihr Vorwissen ein. Im Block 2 beobachteten die Jugendlichen klassen- oder gruppenweise vor Ort verschiedene alltägliche Bewegungsarten (z.B. Fahrzeuge in Quartierstrassen, Beschleunigungen von anfahrenden bzw. abbremsenden Zügen). Anschliessend ging es um die selbständige Planung und Durchführung von Feldexperimenten zu Fragestellungen, die mit der Beschleunigung zu tun hatten: Wie gross sind die Beschleunigung und die momentane bzw. mittlere Geschwindigkeit einer Sprinterin, einer Fahrrad-, Mofa-, Rollerbladfahrerin oder eines rennenden Hundes? Block 3 hatte zur Zielsetzung, den Jugendlichen den Wechsel von realen zu idealen Bewegungsabläufen und die Möglichkeit der Beschreibung von Bewegungen mit mathematischen Hilfsmitteln aufzuzeigen. Anhand von Lehrerexperimenten wurden den Klassen im Block 4 einige Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung erläutert. Die Fragestellung lautete: Wie gelangen Physikerinnen und Physiker vom natürlichen Phänomen zur modellhaft beschreibenden Formel? Ähnlich wie in der Optik bot der abschliessende Block 5 ausgiebig Zeit, sich mit fachübergreifend angelegten Fragen auseinanderzusetzen. Wiederum wurde Wert auf eine schülerzentrierte Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Arbeiten gelegt. Die auf Postern graphisch dargestellten Resultate wurden im Klassenverband diskutiert.

2.3. Sensibilisierung

Teil der Sensibilisierung vor der Intervention waren zwei halbtägige Veranstaltungen, die von den Lehrpersonen der Gruppe I und II besucht worden sind.

Zielsetzung des ersten Sensibilisierungshalbtages war die Schaffung eines Problembewusstseins für die Koedukation im allgemeinen und die Problematik der Mädchen im koedukativen Physikunterricht im besonderen. Dazu wurden Fragen zum koedukativen Schulunterricht, die den Lehrpersonen vor dem Treffen zugeschickt worden waren, diskutiert und in Form einer Wandzeitung präsentiert. In der zweiten Hälfte des ersten Halbtages hatten die Lehrkräfte Gelegenheit, sich anhand eines Parcours über weitere Aspekte der Koedukationsproblematik zu informieren: geschlechtsspezifische Sozialisation, Beliebtheit der Physik, geschlechtstypische Schul- und Studienlaufbahnen. In der anschließenden Plenumsdiskussion sind vor allem die Auswirkungen geschlechtsspezifischer Begabungszuschreibungen und das Verhalten der Lehrkraft zur Sprache gekommen.

Am zweiten Sensibilisierungshalbtag ging es im wesentlichen darum, Richtlinien für einen reflexiven, die Vorerfahrungen und Interessen beider Geschlechter gleichermassen berücksichtigenden Physikunterrichts zu erarbeiten. Dazu wurde in Gruppen und im Plenum gearbeitet. Zum Abschluss des zweiten Halbtages wurden die wichtigsten Punkte eines «mädchengerechten» Physikunterrichtes in Form einer zweiten Checkliste festgehalten. Wie die erste Checkliste (vgl. Abschnitt 2.2), bestand die «Checkliste II» aus einer Reihe von konkreten Fragen, die der Umsetzung eines «mädchengerechten» Physikunterrichtes dienen sollten. Die im Anschluss an die Sensibilisierung vom Projektteam bereinigte Checkliste II wurde den Lehrkräften vor Beginn der Intervention in einer schriftlichen Fassung zugeschickt. Sie bildete auch die Grundlage für die gegenseitige Unterrichtsbeobachtung im Rahmen der Supervisionsaktivitäten.

2.4. Supervision

Während der Intervention fanden in den Experimentalgruppen I und II Supervisionen statt, mit denen die Sensibilisierung der Lehrpersonen weitergeführt und vertieft werden sollte. Zielsetzung der Supervisionen war, den Lehrpersonen Rückmeldungen auf ihre Unterrichtsführung zu geben. Insgesamt wurden vier Supervisionen durchgeführt. Die erste bestand darin, dass sich die Lehrkräfte der Experimentalgruppen I und II in der Zeit von August bis Dezember 1995 im Unterricht gegenseitig hospitierten und ihren Unterricht bezüglich der in Checkliste II festgelegten Kriterien evaluierten (Intervision). Die zweite Supervision beruhte auf Interviews und Gesprächen, die von einem Projektmitglied mit den einzelnen Lehrkräften der Experimentalgruppen I und II durchgeführt wurden (vgl. Abschnitt 3.2). Als dritte Massnahme wurden mit den Lehrkräften der Gruppen I und II erste Ergebnisse der Eingangserhebung diskutiert. (Einstellung und Erwartungen an den Physikunterricht, Leistungsmotivation, schulbezogene Selbstwahrnehmung usw.). Als vierte Massnahme wurden im Lauf der Intervention in den Klassen der beiden Experimentalgruppen I und II Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt, deren Ergebnisse den Lehrkräften bekannt gegeben wurden (vgl. Abschnitt 3.3).

3. Datenerhebungen

Vor, während und nach der Intervention sind bei den Schülerinnen und Schülern sowie bei den Lehrkräften verschiedene Daten erhoben worden. Die Datenerhebungen bestanden aus einer Eingangserhebung (3.1), der Durchführung von Interviews mit den Lehrpersonen der Experimentalgruppen I und II (3.2), Unterrichtsbeobachtungen in den Klassen der Experimentalgruppen I und II (3.3), je einem Wissenstest nach Abschluss der beiden Unterrichtseinheiten (3.4) und einer Schlusserhebung (3.5). Die bei den Datenerhebungen verwendeten Methoden werden im folgenden überblicksmässig dargestellt.

3.1. Eingangserhebung

Unmittelbar vor Beginn der Intervention wurde den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrpersonen ein standardisierter schriftlicher Fragebogen vorgelegt. In Tabelle 2 findet sich eine Zusammenstellung der vom Schülerfragebogen abgedeckten Konzepte.

Tab. 2: Überblick über die Fragebereiche der Eingangserhebung bei den Schülerinnen und Schülern

Demographische Daten	Daten der Jugendlichen Daten der Eltern Kontext der Jugendlichen
Vorerfahrungen	Erfahrungen mit Physik und Technik Freizeitaktivitäten
Wahrnehmung von Physik, Technik und Naturphänomenen	Begeisterung für Natur und Technik Theoretisches Verständnis von Physik Semantische Differentiale
Selbstkonzept	Leistungsselbstkonzept Selbstwert Männlichkeit/Weiblichkeit schulische Selbstwirksamkeitsüberzeugung Kontrollmeinung
Motivation	Erwartungen an den Physikunterricht Physik und Technik als Beruf erwartete Rückmeldungen Interesse an den Schulfächern Leistungsattribution im Physikunterricht erwartete Leistungen im Physikunterricht
Familie und Eltern	Anerkennung Familienklima
Intelligenz	räumlich-visuelles Vorstellungsvermögen sprachliche Kompetenzen
physikalisches Vorwissen	Vorwissenstest geometrische Optik und Kinematik

Die Erstfassung des Schülerfragebogens wurde in zwei nicht am Projekt beteiligten Gymnasialklassen vorgetestet und aufgrund der erhaltenen Rückmeldungen überarbeitet. Die Durchführung der Eingangserhebung fand im Klassenverband unter Anleitung und Aufsicht von Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern statt. Die Physiklehrkraft war während der Erhebung nicht anwesend. Für die Bearbeitung des Fragebogens stand jeweils eine Doppelлекtion zur Verfügung, wobei die für den Vorwissenstest Physik vorgesehenen 20 Minuten nicht immer ausreichten, da das Ausfüllen des ersten Teils des Fragebogens in einzelnen Klassen mehr Zeit beanspruchte als vorgesehen war.

Auch den Lehrkräften wurde vor Beginn der Intervention ein standardisierter Fragebogen vorgelegt. Dieser beinhaltete Fragen zur beruflichen Situation, zur Selbstwahrnehmung, zur didaktisch-methodischen Unterrichtsgestaltung, zur Wahrnehmung geschlechtsspezifischer Unterschiede, zum Bild der Physik und zu den Erwartungen an die beiden Unterrichtseinheiten. Letzteres wurde nur bei den Lehrpersonen der Experimentalgruppen I und II erfragt. Hinsichtlich der Selbstwahrnehmung und dem Bild der Physik wurden im wesentlichen die gleichen Skalen benutzt wie im Schülerfragebogen.

3.2. Interviews mit den Lehrpersonen der Experimentalgruppen I und II

Im November und Dezember 1995 sind mit den elf Lehrkräften der Experimentalgruppen I und II strukturierte Interviews durchgeführt worden. Der Interviewleitfaden, die Transkriptionsmethoden und das Analyseverfahren sind in einer Voruntersuchung bei fünf Physiklehrkräften, die nicht am Forschungsprojekt beteiligt waren, vorgetestet und evaluiert worden (Spring 1995).

Die 40- bis 60minütigen Interviews umfassten Fragen zu 14 Themen, die sich in zwei Bereiche gruppieren. 1) Physikunterricht: Rolle des Experiments im Physikunterricht, bevorzugte Unterrichtsmethoden, Physik als Erlebnis für Jugendliche, Bedeutung des Alltagsbezugs, Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler, Alltags- und Fachsprache, Rolle der Mathematik im Physikunterricht, Kooperation und Kommunikation, Mädchen und Jungen im Physikunterricht. 2) Physik als Wissenschaft: Teamarbeit in der physikalischen Forschung, Naturwissenschaft zwischen Entdecken und Erfinden, Wahrheitsanspruch der Naturwissenschaften, Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens, Charakterisierung der naturwissenschaftlichen Methode.

Die Interviews wurden nach der Durchführung transkribiert und der betreffenden Lehrkraft zugestellt. Spätestens zwei Wochen nach dem Interview trafen sich der Interviewer und die Lehrperson zu einem Gespräch, in dem einzelne der im Interview gemachten Aussagen diskutiert wurden. Auf diese Weise erhielten die Lehrkräfte im Sinne einer Supervisionsmassnahme (vgl. Abschnitt 2.4) Rückmeldungen zu ihrer Unterrichtsgestaltung und der

Interviewer-Informationen zur Umsetzung des Forschungsprojektes. Ein Teil der in den Interviews gestellten Fragen wurde einer ersten qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen (Jost 1996). Alle elf Lehrpersonen erhielten im März 1996 eine Zusammenstellung der Ergebnisse dieser Analyse. Dies ermöglichte ihnen einen Vergleich ihrer eigenen Antworten mit denjenigen ihrer Kolleginnen und Kollegen.

3.3. Unterrichtsbeobachtungen

In den Klassen der Experimentalgruppen I und II wurden im Januar und Februar (in einem Fall im Mai 1996) Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt. Dabei verfolgten wir zwei Ziele.

Das erste Ziel bestand darin, die Lehrpersonen im Hinblick auf geschlechtsspezifische Interaktionen zu beobachten. Die Rückmeldung dieser Beobachtungen diente dazu, den Lehrkräften geschlechtsbezogene Verhaltensweisen bewusst zu machen, und war in diesem Sinn Bestandteil der Supervision.

Das zweite Ziel der Unterrichtsbeobachtungen war, Daten zu erhalten, die eine objektive Beurteilung des Unterrichtsstils und des Interaktionsverhaltens der Lehrkräfte erlauben. Durch den Vergleich mit den verbalen Daten der Eingangs- und Schlusserhebungen und der Wissenstests können dadurch Fragestellungen, die die Interaktion im Klassenzimmer betreffen, detaillierter bearbeitet werden.

Für die Unterrichtsbeobachtungen sind zwei verschiedene Instrumente entwickelt worden: Beobachtungsbogen und Klassenspiegel. Der Beobachtungsbogen erlaubte die Erfassung der nach Mehan (1985) in Initiations-, Antwort- und Rückmeldeverhalten gegliederten Interaktionen der Lehrperson sowie der Schülerinnen und Schüler. Was den Schwierigkeitsgrad des jeweiligen Unterrichtsinhaltes anbelangt, wurde zwischen repetiertem und neu zu erarbeitendem Stoff unterschieden. Aufgrund des Klassenspiegels wird es möglich sein, unter Einbezug der Antworten in der Eingangs- und Schlusserhebung sowohl geschlechtsspezifische Differenzen als auch individuelle Verhaltensmuster zu analysieren und mit dem Selbstbild der Schülerinnen und Schüler zu vergleichen.

Beide Instrumente sind in verschiedenen, nicht am Projekt beteiligten Klassen vorgetestet und danach überarbeitet worden. Beobachtet wurde in Zweierteams, die vorgängig in Theorie und Praxis der Beobachtung und mittels Testversuchen in Versuchsklassen sowie Video- und Tonbandaufnahmen in die Handhabung der Instrumente eingeführt worden waren. Insgesamt waren vier Teams im Einsatz. Die Unterrichtsgespräche wurden jeweils auf Tonband aufgenommen.

Nach der Erhebung wurden die Beobachtungsdaten klassenweise aufbereitet. Die Tonbandaufnahmen wurden transkribiert und dienten bei der Datenanalyse zur Kontrolle der Befunde. Die Ergebnisse wurden pro Klasse in einem Bericht festgehalten. Innerhalb von zwei Wochen erhielten die

Lehrpersonen eine schriftliche Rückmeldung über den beobachteten Unterricht und wurden daraufhin telefonisch und/oder persönlich kontaktiert, um die Ergebnisse zu diskutieren. Die persönliche Kontaktaufnahme führte in der Regel zu intensiven Gesprächen über die geschlechtsspezifischen Interaktionen im Klassenzimmer und über die Möglichkeiten, Veränderungen herbeizuführen.

3.4. Wissenstests

Die beiden Unterrichtseinheiten Optik und Kinematik wurden in allen am Projekt beteiligten Klassen jeweils mit einem Wissenstest von 45 Minuten Dauer abgeschlossen. Die Wissenstests wurden von einem Projektmitglied in Zusammenarbeit mit einem nicht am Projekt beteiligten Physiklehrer in einem dreistufigen Verfahren entwickelt. Folgende Schritte wurden durchlaufen:

1. Sammeln von geeigneten Aufgaben aus der Literatur und Adaption an die Unterrichtseinheit Optik bzw. Kinematik; Entwicklung weiterer Aufgaben, um noch unberücksichtigt gebliebene Bereiche der beiden Unterrichtseinheiten prüfen zu können; Zusammenstellen einer ersten Version, die in ihrem Umfang ungefähr doppelt so viele Aufgaben wie die endgültige Version umfasste.
2. Erprobung dieser Version während einer Prüfung von 90 Minuten Dauer in zwei nicht am Projekt beteiligten Klassen.
3. Korrektur und Auswertung der beiden Prüfungen; Einholen von Kommentaren seitens der Lehrkräfte, deren Klassen an der Erprobung der Erstfassung beteiligt waren; Gespräche mit weiteren Experten über einzelne Aufgaben; Überarbeitung der Erstversion und Erstellen der endgültigen Version.

In der definitiven Fassung umfasste der Optiktest 16 obligatorische Multiple-Choice-Aufgaben, 5 obligatorische offene Aufgaben sowie einen Wahlpflichtbereich mit 10 Multiple-Choice-Aufgaben, von denen 6 zu lösen waren. Der etwas weniger umfangreiche Kinematiktest enthielt ausschliesslich obligatorische Aufgaben, nämlich 17 Multiple-Choice- und 4 offene Fragen. Die Tests lagen jeweils in zwei Versionen vor, wobei es sich um die gleichen Fragen handelte, die aber in unterschiedlicher Reihenfolge angeordnet wurden.

Die Testaufgaben waren den am Projekt beteiligten Lehrkräften bis zur Durchführung der Tests nicht bekannt. Die Lehrerinnen und Lehrer wurden drei bis vier Monate vor der Testdurchführung über Prüfungsmodus, erlaubte Hilfsmittel und Fragentypus informiert. Die Tests wurden im Klassensatz zwei bis drei Tage vor dem Prüfungsdatum zugestellt. In einem Begleitschreiben wurde den Lehrpersonen mitgeteilt, wie sie den Test durchzuführen hatten. Nach der Korrektur und der Computererfassung der Daten durch Hilfskräfte des Projektteams wurden die Tests zwei bis drei Wochen

nach dem Prüfungstermin zurückgesandt, verbunden mit der Bitte um eine bis zum Ende der Intervention dauernde vertrauliche Behandlung der Testaufgaben.

3.5. Schlusserhebung

Nach Abschluss der beiden Unterrichtseinheiten fand bei allen Schülerinnen und Schülern sowie bei den Lehrpersonen eine Schlusserhebung statt, wofür wiederum standardisierte Fragebogen entwickelt wurden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Fragebereiche der Schlusserhebung bei den Schülerinnen und Schülern.

Die Schlusserhebung fand unter gleichen Bedingungen statt wie die Eingangserhebung, wobei wiederum eine Doppellektion zur Verfügung stand.

Der Lehrerfragebogen beinhaltete nebst einigen Fragen, die bereits bei der Eingangserhebung und solchen die auch den Schülerinnen und Schülern gestellt wurden, Fragen zu den Wissenstests, zur Beurteilung der beiden Unterrichtseinheiten und zur Evaluation der Sensibilisierungs- und Supervisionsmassnahmen. Zudem wurden den Lehrpersonen Fragen gestellt, die sich auf die Projektdurchführung und die Einschätzung des aus der Projektbeteiligung resultierenden Nutzen für den eigenen Unterricht bezogen. Je nach Gruppenzugehörigkeit wurde den Lehrkräften eine auf diese abgestimmte Fassung des Fragebogens vorgelegt.

4. Durchführung des Projektes

Wie die bisherigen Ausführungen deutlich machen, handelt es sich bei unserer Untersuchung nicht nur um eine in methodischer Hinsicht vielfältige Studie, sondern auch um ein insofern ambitiöses aber auch fragiles Projekt, als die Zusammenarbeit mit den Praktikerinnen und Praktikern ein wichtiger Teil der Projektarbeit ausmachte. Wir berichten im folgenden über zwei ausgewählte, aber zentrale Aspekte dieser Zusammenarbeit: die Rekrutierung der Lehrkräfte (4.1) und die Zusammenarbeit mit den Lehrkräften (4.3). Zusätzlich werden Hinweise auf die Zusammensetzung der Untersuchungsgruppen gegeben (4.2).

Tab. 3: Überblick über die Fragebereiche der Schlusserhebung bei den Schülerinnen und Schülern

Demographische Daten	Daten der Jugendlichen
Vorwissen Physik	schulisches Vorwissen in Physik Bekanntheit des Stoffes in Optik und Kinematik
Vorerfahrungen	Erfahrungen mit Physik und Technik* Freizeitaktivitäten*
Wahrnehmung von Physik, Technik und Naturphänomenen	Begeisterung für Natur und Technik* Physik als Knaben- bzw. Mädchenfach Physik als Wissenschaft Semantisches Differential Physik*
Selbstkonzept	Selbstwert* schulische Selbstwirksamkeitsüberzeugung* fachliches Selbstkonzept
Motivation	Interesse an universitären Fächern Interesse an nichtakademischen Berufen Leistungsattribution im Physikunterricht Interesse an Physik als Freifach Erwartungen an den zukünftigen Physikunterricht Nutzen von guten Leistungen im Physikunterricht Gründe für den Verzicht auf ein technisches Studium
Eltern und Physik	Interesse der Eltern an Schulleistungen Physikkenntnisse der Eltern Physikunterricht und Physikleistungen im Urteil der Eltern Hilfe der Eltern und Geschwister bei Hausaufgaben in Physik
Lehrperson	Beurteilung der Lehrperson
Unterrichtsevaluation	Konkurrenzverhalten in der Klasse Beurteilung des Physikunterrichts Themen im Physikunterricht Evaluation des Unterrichts in Optik und Kinematik Unterrichtsmethoden Einschätzung von Lerneffekten in Bezug auf Unterrichtsmethoden Schülervorträge

* = Fragebereiche, die auch im Eingangsfragebogen vorkommen

4.1. Rekrutierung der Lehrpersonen

Die Teilnahme am Projekt beruhte auf Freiwilligkeit. Zur Rekrutierung der Lehrkräfte wurde ein Informationsblatt verfasst, in dem das Forschungsvorhaben, ohne auf inhaltliche und methodische Details einzugehen, vorgestellt wurde. Es wurde mit dem Aufruf, sich am Projekt zu beteiligen, an alle in der Deutschschweiz tätigen Physiklehrkräfte versandt. Der Text der Broschüre wurde ausserdem in der «Berner Schule» und im «Bulletin des Vereins Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrer» publiziert.

Zwar interessierten sich viele Lehrpersonen für eine Teilnahme am Projekt, aber nur ein kleiner Teil erfüllte, die durch das Forschungsdesign bedingten Voraussetzungen. Es waren daher viele persönliche Ansprachen erforderlich, um auf die notwendige Anzahl von Interventionsklassen zu kommen.

Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Rekrutierung der Lehrkräfte liess sich die Zuteilung zu den drei Experimental- und zur Kontrollgruppe nur unwesentlich steuern. Eine Gleichverteilung hinsichtlich a priori festgelegter Kriterien wie Schultypus, Alter, Klassengrösse, Mädchen- und Knabenanteil der Klasse, Unterrichtsstil und Unterrichtserfahrung der Lehrperson war praktisch ausgeschlossen. Lediglich beim Geschlecht der Lehrpersonen war es uns möglich, die drei teilnehmenden Lehrerinnen auf drei Gruppen zu verteilen. Als Folge der geringen Beeinflussbarkeit der Zuteilung der Lehrpersonen zu den Untersuchungsgruppen sind diese sehr heterogen zusammengesetzt.

4.2. Zusammensetzung der Interventionsgruppen

An der Untersuchung beteiligten sich insgesamt 31 Gymnasial- und Seminarklassen aus der Deutschschweiz, wovon 22 den drei Experimentalgruppen und 9 der Kontrollgruppe zugewiesen werden konnten. Die Schulklassen wurden von 22 Lehrern und 3 Lehrerinnen im Alter zwischen 30 und 60 Jahren unterrichtet. Mit Ausnahme zweier Lehrer, die sich noch in Ausbildung befanden, verfügten alle über einen universitären Abschluss im Fach Physik, 12 zusätzlich über ein Diplom für das Höhere Lehramt. 19 Lehrpersonen unterrichteten je eine, sechs je zwei an der Intervention beteiligte Klassen. Während der Intervention mussten zwei vom gleichen Lehrer unterrichtete Klassen der Kontrollgruppe aus der Untersuchung ausgeschieden werden, da dieser sich nicht an die thematischen Vorgaben gehalten hatte.

Über die Verteilung der Variablen Geschlecht und Schultypus auf die vier Gruppen geben die Tabellen 4 und 5 Auskunft.

Tab. 4: Zusammensetzung der Interventionsgruppen differenziert nach Schul- und Maturitätstypus

Interven- tionsgruppe	Schul- bzw. Maturitätstypus						Total
	A	B	C	D	E	Sem.	
Expgr. I	3	14	7	35	0	40	99
Expgr. II	0	20	0	64	24	79	187
Expgr. III	3	14	0	48	0	80	145
Kontrollgr.	2	19	14	0	80	68	183
Total	8	67	21	147	104	267	614

Tab. 5: Zusammensetzung der Interventionsgruppen differenziert nach Geschlecht

Interven- tionsgruppe	Geschlecht			
	Mädchen	Knaben	Summe	% Knaben
Expgr. I	68	31	99	31.3
Expgr. II	136	51	187	27.3
Expgr. III	101	44	145	30.3
Kontrollgr.	103	80	183	43.7
Total	408	206	614	33.6

Wie die Tabellen 4 und 5 zeigen, ist die Zusammensetzung der Schülerschaft in den vier Untersuchungsgruppen nach Schul- bzw. Maturitätstypus und Geschlecht verschieden. Der Maturitätstypus C beispielsweise ist nur in der Experimentalgruppe I und in der Kontrollgruppe vertreten. Seminaristinnen und Seminaristen sowie Schülerinnen und Schüler des Maturitätstypus D sind in der Experimentalgruppe II übervertreten. Die beiden Geschlechter verteilen sich ebenfalls ungleich. Drei der Schulklassen sind reine Mädchenklassen ($N = 59$). In sieben weiteren Klassen beträgt der Anteil der männlichen Jugendlichen weniger als 30%.

4.3. Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen

Vor und während der Intervention sowie in geringem Masse auch nach der Intervention fand eine intensive Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten sowie weiteren Physiklehrkräften statt. Diese Zusammenarbeit bildete ein wesentliches Merkmal des Forschungsprojekts und umfasste die folgenden Punkte:

- Entwicklung der Unterrichtseinheiten Optik und Kinematik durch fünf Lehrkräfte der Experimentalgruppe I in enger Kooperation mit zwei Mitgliedern des Projektteams.
- Erfahrungsaustausch zwischen den Lehrpersonen der Gruppen I und II und fünf in einem ähnlichen Projekt engagierten Physiklehrkräften aus Deutschland.
- Präsentation und Diskussion erster Schlussergebnisse im Rahmen einer halbtägigen Veranstaltung, zu der alle am Projekt beteiligten Lehrkräfte sowie eine Anzahl weiterer interessierter Personen eingeladen worden waren.
- Beratung der Projektleitung durch vier nicht an der Intervention beteiligte Physiklehrkräfte zu den Inhalten und Methoden der beiden Unterrichtseinheiten und zu den Wissenstests.

Neben den hier aufgeführten Aktivitäten, die jeweils in einem klar strukturierten Rahmen stattfanden, ergaben sich zahllose informelle Kontakte zwischen Mitgliedern des Projektteams und Lehrkräften. Insgesamt verlief die Zusammenarbeit zwischen Bildungsforschung und Bildungspraxis ausserordentlich erfreulich und war geprägt von gegenseitigem Respekt. Dazu dürften die folgenden Punkte wesentlich beigetragen haben: das gemeinsame Interesse an den Forschungsfragen, die Freiwilligkeit der Projektteilnahme, die Entwicklung der zwei Unterrichtseinheiten in Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen der Experimentalgruppe I, eine auf grösstmögliche Transparenz angelegte Informationspolitik des Forschungsteams, die Garantie auf absoluten Datenschutz und die interdisziplinäre Zusammensetzung des Forschungsteams.

5. Ausblick

Die vorgestellte Interventionsstudie ist mit hohen Ansprüchen verbunden. Die Durchführung eines Physikunterrichts, der beiden Geschlechtern gerecht wird, verlangt seitens der Lehrkräfte nicht nur eine tiefgreifende Reflexion ihres bisherigen Unterrichts, sondern auch die Bereitschaft, diesen nach neuen Gesichtspunkten zu gestalten. Wie aus der Einstellungsfor-schung bekannt ist, ist die Umsetzung neuer Ideen in entsprechendes Ver-halten mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, so dass an die durchge-führte Intervention nicht allzu hohe Erwartungen gestellt werden dürfen. Es ist davon auszugehen, dass die Interventionseffekte in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren in unterschiedlich ausgeprägter Weise ausfallen werden.

Ersten Analysen der Eingangserhebung lässt sich entnehmen, dass die Jugendlichen unter sehr unterschiedlichen Eingangsbedingungen an der Untersuchung teilgenommen haben. Dies äussert sich zum einen in der hete-rogenen Zusammensetzung der Interventionsgruppen, zum anderen in der Persönlichkeit und dem Unterrichtsstil der Lehrkräfte. Bei der Auswertung der Daten wird es zunächst darum gehen, mittels statistischer Methoden die Eingangsbedingungen zu standardisieren. Erst wenn dieser Schritt vollzo-gen sein wird, werden sich mit verschiedenen Modellen Vergleichsanalysen durchführen lassen, um die Effekte der Intervention in angemessener Weise zu überprüfen.

Notes

- ¹ Die Situation stellt sich nicht in allen Fächern gleich. So ist die Biologie aus dieser Beurtei-lung klar auszunehmen, und in der Mathematik sind die Geschlechterdifferenzen etwas weniger stark ausgeprägt.
- ² Das Projekt ist Teil des Nationalen Forschungsprogramms 35 «Frauen in Recht und Gesell-schaft» (Projekt Nr. 4035-039811) und wird institutionell von der Abteilung Pädagogische Psychologie und der Abteilung für das Höhere Lehramt getragen (Herzog & Labudde, 1993). Durchgeführt wird das Projekt von der Autorin und den Autoren dieses Beitrages. Ein herzlicher Dank geht an dieser Stelle an die am Projekt beteiligten Lehrpersonen, Schü-lerinnen und Schüler, Hilfskräfte und Studierenden. Ohne ihre Mithilfe hätte das Projekt nicht in dieser Form durchgeführt werden können.
- ³ In den meisten Untersuchungen sind auf seiten der Lehrkräfte keine Geschlechtseffekte gefunden worden, d.h. die beobachteten Unterschiede im Verhalten gegenüber Mädchen und Knaben gelten sowohl für Lehrer wie für Lehrerinnen (vgl. Brophy, 1985).
- ⁴ Das Desinteresse am Fach Physik nimmt auch bei den Knaben zu.
- ⁵ «Mädchengerecht» wird in Anführungszeichen gesetzt, weil wir davon ausgehen, dass ein im Sinne unserer Kriterien durchgeführter Unterricht auch den Jungen zugute kommt.

Literatur

- Beerman, L., Heller, K. A. & Menacher, P. (1992): *Mathe: nichts für Mädchen? Begabung und Geschlecht am Beispiel von Mathematik, Naturwissenschaft und Technik*. Bern: Huber.
- Brophy, J.: Interactions of Male and Female Students with Male and Female Teachers. In: Wilkinson, L. Ch. & Marrett C. B. (Hrsg.) (1985): *Gender Influences in Classroom Interaction*. (S. 115–142) Orlando: Academic Press.
- Bundesamt für Statistik (1993): *Auf dem Weg zur Gleichstellung. Frauen und Männer in der Schweiz aus statistischer Sicht*. Bern: Bundesamt für Statistik.
- Dweck, C. S., Davidson, W., Nelson, S. & Enna, B. (1978): Sex Differences in Learned Helplessness: II. The Contingencies of Evaluative Feedback in the Classroom and III. An Experimental Analysis. *Developmental Psychology* 14, 268 – 276.
- Eccles, J. S. (1989): Bringing Young Women to Math and Science. In: Crawford, M. & Gentry, M. (Hrsg.): *Gender and Thought: Psychological Perspectives* (S. 36–58). New York: Springer.
- Eccles, J. S. & Jacobs, J. E. (1986): Social Forces Shape Math Attitudes and Performance. *Signs: Journal of Women in Culture and Society* 11, 367–380.
- EDK (1992): *Mädchen – Frauen – Bildung. Unterwegs zur Gleichstellung*. Bern: Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren.
- Enders-Dragässer, U. & Fuchs, C. (1989): *Interaktionen der Geschlechter. Sexismusstrukturen in der Schule. Eine Untersuchung an hessischen Schulen im Auftrag des Hessischen Instituts für Bildungsplanung und Schulentwicklung*. Weinheim: Juventa.
- Faulstich-Wieland, H. (1991): *Koedukation – Enttäuschte Hoffnungen?* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Flitner, E. (1992): Wirkungen von Geschlecht und sozialer Herkunft auf Schullaufbahn und Berufswahl. *Zeitschrift für Pädagogik* 38, 47–63.
- Häuselmann, E. (1984): *Maturanden und Technik*. Zürich: IPSO
- Häusler, P. & Hoffmann, L. (1990): Wie Physikunterricht auf für Mädchen interessant werden kann. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 1, 12–18
- Hagemann-White, C. (1984): *Sozialisation: Weiblich – Männlich?* Opladen: Leske & Budrich.
- Hannover, B. (1991): Zur Unterrepräsentanz von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik: Psychologische Prädiktoren der Fach- und Berufswahl. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 5, 169–186.
- Herzog, W. & Labudde, P. (1993): *Koedukation im Physikunterricht. Forschungsgesuch zuhanden des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Bern: Abteilung Pädagogische Psychologie/Abteilung für das Höhere Lehramt.
- Herzog, W. (1996): Motivation und naturwissenschaftliche Bildung. *Neue Sammlung* 36, 61–91
- Hoffmann, L. (1989): Die Interessen von Schülerinnen an Physik und Technik. Mögliche Ansatzpunkte für Unterricht auf der Sekundarstufe I. *Die Realschule* 97, 201–206.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986): Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik* 32, 189–204.
- Holenstein, K. & Ryter, E. (1992): Frauen an den Hochschulen – die heutige Lage. *Wissenschaftspolitik*, Beiheft 55, 45–64.
- Johnson, S. (1987): Gender Differences in Science: Parallels in Interest, Experience and Performance. *International Journal of Science Education* (9), 467–481.
- Jost, H. (1996): *«Physikunterricht und Physik» – qualitative Inhaltsanalyse von Lehrerinterviews*. Bern: Abteilung für das Höhere Lehramt.

- Kahle, J. B.: Gender and Science Education II. In: Fensham, P. (Hrsg.) (1988): *Development and Dilemmas in Science Education* (S. 249–265). London: Falmer.
- Kelly, A. (1988): Gender Differences in Teacher-Pupil Interactions: A Meta-Analytic Review. *Research in Education* 39, 1–23.
- Kubli, F. (1987): *Interesse und Verstehen in Physik und Chemie*. Köln: Aulis.
- Maccoby, E. E. (1990): Gender and Relationships. A Developmental Account. *American Psychologist* 45, 513–520.
- Martial, I. von (1987): Koedukation und Geschlechtertrennung in der Schule. *Pädagogik und freie Schule* 38. Köln: Adamas.
- Mehan, H.: The Structure of Classroom Discourse. In: van Dijk, T. A. (1985): *Handbook of Discourse Analysis*, Bd. 3 (S.119–131). London: Academic Press.
- Moser, U. (1992): *Was wissen 13-jährige?* Bern: Amt für Bildungsforschung.
- Moser, U.; Ramseier, E.; Keller, C. & Huber, M. (1997): *Schule auf dem Prüfstand. Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der «Third International Mathematics and Science Study*. Chur/Zürich: Rüegger (in Vorbereitung).
- Ryckman, D. B. & Peckham, P. (1987): Gender Differences in Attributions for Success and Failure Situations Across Subject Areas. *Journal of Educational Research* 81, 120–125.
- Sjøberg, S. & Imsen, G.: Gender and Science Education I. In: Fensham, P. (Hrsg.) (1988): *Development and Dilemmas in Science Education* (S. 218–248). London: Falmer.
- Spring, R. (1995): *Was Gymnasiallehrer über ihren Physikunterricht denken*. Bern: Abteilung für das Höhere Lehramt.
- Bundesamt für Statistik (Hrsg.) (1996): *Statistisches Jahrbuch der Schweiz*. Zürich: Neue Zürcher Zeitung.
- Tiedemann, J. (1995): Geschlechtstypische Erwartungen von Lehrkräften im Mathematikunterricht der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 9, 153–161.
- Weinreich-Haste, H. E.: The Image of Science. In: Kelly, A. (Hrsg.) (1981): *The Missing Half. Girls and Science Education* (S. 216–229). Manchester: Manchester University Press.
- Worall, N. & Tsarna, H. (1987): Teachers' Reported Practices towards Girls and Boys in Science and Languages. *British Journal of Educational Psychology* 57, 300–312.

Mixité dans l'enseignement de la physique: recherche et intervention au deuxième cycle de l'enseignement secondaire

Résumé

Depuis quelques années, l'enseignement en classes mixtes (coéducation) est critiqué. Il soulève des problèmes surtout en ce qui concerne les filles; selon les recherches, ils se manifestent en particulier en physique et en chimie, matières dans lesquelles les filles se sentent peu stimulées par leurs enseignants, manifestent peu d'intérêts et obtiennent des résultats plus faibles. Dans cet article, nous présentons les fondements théoriques et les principes

méthodologiques d'un projet de recherche portant sur le sujet suivant: comment améliorer l'enseignement de la physique pour qu'il suscite une plus forte participation des filles et qu'elles obtiennent de meilleurs résultats ? La partie centrale de ce projet est constituée par une intervention lors de laquelle est mise en oeuvre une approche didactique différente. Une partie des enseignants sont en outre sensibilisés à la problématique d'un enseignement de la physique en classe mixte et sont supervisés durant l'intervention.

Gruppi misti per l'insegnamento della fisica: indagine nell'insegnamento medio-superiore

Riassunto

Da alcuni anni vengono mosse critiche verso l'educazione a classe miste. Questo tipo d'insegnamento comporta diversi problemi, in particolare nei confronti delle ragazze. Questi problemi si evidenziano soprattutto nell'insegnamento della fisica e della chimica, materie nelle quali le ragazze mostrano poco interesse, hanno dei voti bassi e non si sentono molto incoraggiate dai loro professori. Nel presente articolo vengono presentati la base teorica ed il piano metodologico di un progetto di ricerca dedicato alla questione, come l'insegnamento della fisica possa essere cambiato in modo che le ragazze partecipino maggiormente e conseguino risultati migliori. Il progetto consiste di un intervento, durante il quale i professori hanno insegnato con del materiale didattico alternativo. Una parte dei professori è stata precedentemente sensibilizzata e supervisionata durante l'intervento.

Mixed physics instruction. A research on the upper secondary level

Summary

For several years coeducational instruction has been criticized for its unfavorable effects upon girls' personal development. As several studies suggest, these problems are especially evident in physics and chemistry. Girls do not seem to be much interested in these subjects, they show poorer performance than boys and apparently lack support from the teachers. In the following article we present the theoretical background and the design of a research project, which intends to enhance girls' participation and achievement in physics. The project is based on an intervention-study, in which teachers worked with special teaching methods. The teachers were briefed concerning the problem of coeducational instruction in physics before, and supervised during the intervention.

Bildungsforschung und Bildungspraxis

Education et recherche

Educazione e ricerca

Editorial ►

Koedukation im Physikunterricht. Eine Interventionsstudie auf der Sekundarstufe II ►

Genre et orientation. Les études après le certificat de maturité scientifique ►

Ist weiblicher Schulerfolg wirklich besser vorhersagbar als männlicher?
Geschlechtsspezifische Prognostizierbarkeit von Maturitätsnoten ►

Compétences attendues: vers une nouvelle valorisation du rapport au savoir des femmes ►

Professionalität und Geschlecht Eine Studie zum Fortbildungsverhalten von Lehrerinnen
und Lehrern am Beispiel des Kantons Aargau ►

La vie en histoire(s) ►

Schweizerische Zeitschrift für Erziehungswissenschaft
Revue suisse des sciences de l'éducation
Rivista svizzera di scienze dell'educazione

19. Jahrgang / 19^e année / 19^o anno

2/1997

Universitätsverlag Freiburg Schweiz

Editions Universitaires Fribourg Suisse