

Vernetzung des physikalisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtes und des Fachgebietes Astronomie im Schulbereich einer Region nach dem SchulPOOL-Prinzip

Jörn-Uwe Fischbach*, Michael Winkhaus[†] und Wolfgang Neuroth*

* Universität Wuppertal, Fachbereich C, 42097 Wuppertal, fisch@uni-wuppertal.de, neuroth@uni-wuppertal.de

[†] Carl-Fuhlrott-Gymnasium, Jung-Stilling-Weg 45, 42349 Wuppertal, Michael.Winkhaus@t-online.de

Kurzfassung

Das Fach Physik ist ebenso wie das Fach Chemie und wie das Fachgebiet Astronomie durch hohen Bedarf an Experimentieraufbauten gekennzeichnet, die häufig modernste und besonders im Klassensatz für das Schülerexperiment finanziell sehr aufwändige Geräte erfordern. Sind diese verfügbar, müssen sie der Lehrerschaft bekannt gemacht und von ihr positiv evaluiert werden. Erst dann werden sie im Unterricht auch zur Anwendung kommen.

Wir haben für diese Schritte das SchulPOOL-Prinzip entwickelt und beschreiben es in dieser Arbeit. Dabei kooperieren Schulen in einer vorgegebenen Region und schaffen einen zentralen Experimentbereich an, den alle Partner gemeinsam nutzen. Wir berichten über unsere Erfahrungen für das Fach Physik bzw. Chemie. Mit einer innovativen Beobachtungsstation aus 6 gleichen, schülerbedienbaren Teleskopen auf dem Dach einer unserer Partnerschulen haben wir weiter dieses Prinzip auch auf den Bereich Astronomie erweitert. Nach der erfolgreichen Implementierung von SchulPOOL für den Wuppertaler Raum wurde nunmehr im Rhein-Kreis Neuss der erste Cluster aus Schulen gebildet, der selbstständig nach dem SchulPOOL-Prinzip Physikunterricht organisiert. Er kann damit eine Art Blaupause für weitere mögliche Ausgründungen liefern.

1. Einleitung

Angesichts eines außerordentlich dichten Curriculums im Fach Physik unserer weiterführenden Schulen und trotz immer umfangreicherer ministerieller Vorgaben möchten Fachlehrkräfte einerseits einen effizienten Unterricht gestalten, andererseits zugleich Schülerinnen und Schülern breite Gelegenheit geben, Phänomene und Experimente sowohl anzusehen als auch selber durchführen zu können [1]. Im Land Nordrhein-Westfalen, zu dem unsere Region gehört, gibt es z.B. im Rahmen der Vorgaben für das Zentralabitur vom zuständigen Ministerium fachliche Hinweise für ca. 40 empfehlenswert durchzuführende Kernexperimente, die sowohl für den Unterricht der Grundkurse als auch der Leistungskurse der Jahrgangsstufe 11 und 12 gedacht sind [2]. Dabei sollte die Experimentdurchführung im Zentrum des Unterrichtes stehen. Nur bei fehlender Sammlung ist es auch möglich, auf das Experiment vor Ort zu verzichten und anstelle dessen z.B. auf Lehrbuchbeschreibungen zurückzugreifen. Das Schülerexperiment ist dem Demonstrationsversuch vorzuziehen. An vielen Schulen kann den Zielen dieser Vorgaben wegen ungenügend ausgestatteter Sammlungen und wegen des hohen, experimentellen Aufwandes nur mangelhaft Folge geleistet werden. Eine Lösung des Problems kann aber in einer geeigneten freiwilligen Vernetzung des physikalischen

Unterrichtes in weiterführenden Schulen mit Hilfe von ausleihbaren Experimenten bestehen. Die vorliegende Arbeit beschreibt eine solche Kooperation zwischen Schulen an unterschiedlichen Standorten. Wir nennen sie „Schulphysik-Offensive Optimaler Lernerfolg“ (SchulPOOL) [3]. Als Beispielregion dient das Städtedreieck Wuppertal-Solingen-Remscheid.

2. Bedingungen für die Bildung experimentell arbeitender Schulcluster

Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, dass eine Zusammenarbeit effizient ablaufen kann, wenn sie bestimmten Kriterien gehorcht. Wir werden diese identifizieren und zeigen, dass dadurch eine Art „Blaupause“ für weitere Kooperationscluster entsteht, die sich nach ähnlichem Muster selbstständig bilden können. Hierfür wurden vier wesentliche Bedingungen erkannt, denen eine solche freiwillige Kooperation bezüglich des Experimentbereiches im Unterricht unterliegt. Abb. 1 (s. nächste Seite) zeigt sie in einer Auflistung.

Die erste Bedingung betrifft die Lagerung und den Versand der Experimente. Diese müssen vor Gründung des Clusters festgelegt sein. So kann die Lagerung z.B. dezentral an den Schulen erfolgen. Einer-

seits hat dann jede Schule Zugriff auf alle Experimente im Cluster, braucht aber andererseits nur ein oder zwei dieser Experimente zu pflegen.

- **Lagerung** und Versand der Experimente klar, z.B.:
 - dezentral in den Schulen oder
 - zentral, z.B. in Universitäten oder Medienzentren
- **Substruktur** und flexibel anpassbare Nutzungslogistik muss vorhanden sein
- System muss sich per **Evaluation** bewähren (z.B. erfolgreicher Unterricht, Arbeitserleichterung)
- **Finanzierungstools** müssen aussichtsreich sein

Abb. 1: Bedingungen einer freiwilligen Kooperation im Experimentbereich von Schulclustern

Weiter können die Experimente zentral, z.B. an einer Universität oder in einem Medienzentrum gelagert sein. Da eine solche Kooperation auch für die Dienst leistende Institution vorteilhafte, z.B. öffentlichkeitswirksame Komponenten bietet, kommt sie erfahrungsgemäß leicht zu Stande.

Eine zweite Bedingung für den Aufbau eines Schulclusters, der im experimentalphysikalischen Bereich kooperiert, ist der Zugriff auf eine effizient einsetzbare Substruktur mit einer flexibel anpassbaren Nutzungslogistik. Sie muss sich auf die jeweils speziellen Anforderungen neuer Cluster ohne wesentliche Schwierigkeiten einstellen können. Wir haben eine solche Nutzungsstruktur entwickelt, die die Implementierung mehrerer Cluster erlaubt und haben sie seit mehreren Jahren im Einsatz [4].

Drittens muss sich das System z.B. durch effizienteren Unterricht oder durch Arbeitserleichterung oder ähnliche Eigenschaften bewähren, sonst wird es nicht genutzt. Es verhält sich dabei wie ein Schülerlabor, allerdings wie eines, bei dem die Inhalte im Fachunterricht vor- und nachbereitet werden. Der Nutzungsgrad als Maß für die Gebrauchstauglichkeit eines solchen Systems kann durch eine Evaluation festgestellt werden [5]. Schließlich müssen viertens Finanzierungsinstrumente existieren und aussichtsreich sein, damit sie Schulen, die eine Zusammenarbeit nach dem oben genannten Muster begründen wollen, eine von ihnen auch handhabbare Möglichkeit bieten, ein „Fund-Raising“ zu betreiben.

Wir berichten im Folgenden über unsere Erfahrungen mit freiwilligen Kooperationen anhand unseres Wuppertaler Beispiels. Dieses ist durch die folgenden Eigenschaften gekennzeichnet:

Erstens wird das Lager zentral an der Wuppertaler Universität geführt; der Transport der Versuche ist in die Kosten des Gesamtsystems integriert und erfolgt durch einen kommerziellen Fahrdienst.

Zweitens wird das Internetausleihsystem, das für das Projekt entwickelt wurde, gemeinsam genutzt. Es erlaubt, die Experimente nach einfachem Mausklick

auf der Buchungsseite weitgehend automatisiert vor den Physikraum zu transportieren, damit sie dort durchgeführt werden können. Die Teilnahme der Lehrkräfte am System ist gebührenfrei; die Kosten sind in das Gesamtsystem integriert. Zugleich bleibt das Nutzungsverhalten ungesteuert, so dass die Anzahl der je Zeiteinheit teilnehmenden Lehrkräfte fluktuiert.

3. Evaluation

Eine Kooperation in einem Schulbereich im experimentalphysikalischen Bereich setzt als dritte der oben genannten Bedingungen ein positiv evaluiertes Arbeitsmodell voraus. Im Folgenden werden daher die Evaluationsergebnisse unseres Wuppertaler Clusters besprochen. Sie erlauben eine Aussage darüber, ob unser System Chancen bietet, sich in unterschiedlichen Regionen zu bewähren.

Zwei Jahre vor Start des Zentralabiturs mit der ministeriellen Vorgabe von unterrichtlich durchzuführenden Experimenten wurden die SchulPOOL-Experimente in Wuppertal definiert. Sie zeigten, welches Material an den Schulen von den Fachlehrkräften gewünscht wurde, weil es in den schuleigenen Sammlungen defekt war oder ganz fehlte. Nach Einführung des Zentralabiturs haben wir das SchulPOOL-Material mit dem zur Vorbereitung des Abiturs geforderten Material verglichen. Es waren zu diesem Zeitpunkt 45 % der ministeriell empfohlenen Experimente im SchulPOOL-Projekt Wuppertal verfügbar, 2/3 davon waren als Schülerversuche vorhanden. Wir schließen daraus, dass wesentliches experimentelles Oberstufenmaterial offensichtlich so häufig in den Schulen fehlt, dass eine kooperative Beschaffung als nötig erachtet worden war. Es erscheint daher sinnvoll, experimentelle Kooperationen, so wie oben beschrieben, auch in anderen Regionen als derjenigen, die hier beschrieben wird, anzuregen.

In einem nächsten Schritt wurden die Entwicklung der Anzahl der Versuche, bzw. Versuchsbereiche und die Entwicklung der Anzahl der Partnerschulen untersucht. Abb. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf dieser Daten.

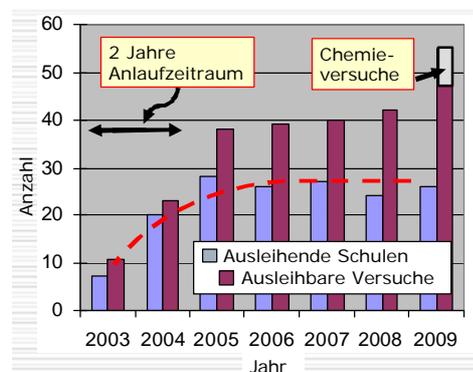


Abb. 2: Zeitliche Entwicklung eines Schulclusters und seines Experimentbereichs

Die Menge der im jeweiligen jährlichen Untersuchungszeitraum zur Verfügung stehenden Versuche bzw. Versuchsbereiche wird durch die violett gezeichneten Balken repräsentiert. Ihre Anzahl steigt ständig an. Auf Anregung der Chemiekolleginnen und -kollegen wurden Experimente zum Fach Chemie seit dem Jahr 2009 ebenfalls in das System SchulPOOL integriert. Hierzu gehörten neben anderen z.B. Klassensätze von rechnergestützten Experimenten zur Titration, zur Leitfähigkeitsmessung und zur Temperaturanalyse chemischer Vorgänge. Durch Implementierung der Versuche zur Chemie kommt ein zusätzlicher Anstieg der in Abb. 2 gezeigten Versuchsanzahl für das Jahr 2009 zu Stande. Die Anzahl der Partnerschulen, die im selben Bild blau gezeichnet ist, hat nach einer ebenfalls 2-jährigen Anlaufphase im Wesentlichen ihren dann konstanten Endwert erreicht. Dabei dient die rote, gestrichelte Linie als Augenstütze. Nach der Anlaufphase nehmen mehr als 80 %, in manchen Jahren sogar 90 % der Gymnasien unserer Region nachhaltig am Ausleihsystem teil. Wir schließen daraus, dass sich nach etwa 2 Jahren ein Experimentiercluster von Schulen im „Regelbetrieb“ befindet, der durch die Teilnahme eines hohen Prozentsatzes aller weiterführenden Schulen an der Kooperation gekennzeichnet ist.

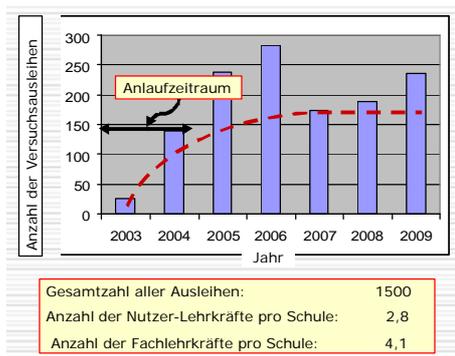


Abb. 3: Anstieg der Versuchsausleihen pro Jahr

Neben der bloßen Teilnahme von Schulen am Ausleihsystem ist auch der zeitliche Verlauf des Grades der Nutzung aller Versuche ein Charakteristikum einer funktionierenden Kooperation. Diesen Verlauf zeigt Abb. 3. Auch hier beobachtet man eine 2-jährige Anlaufphase, bis die Nutzungszahlen im Wesentlichen konstant sind.

Die Gesamtzahl der Ausleihen aus dem Wuppertaler SchulPOOL beträgt derzeit mehr als 1500. Pro Schule nutzen dabei knapp 3 Lehrkräfte das System. Zugleich sind allerdings durchschnittlich zwischen 4 und 5 Physiklehrkräfte pro Schule in den Schulen unserer Region tätig. Trotz des sehr hohen Prozentsatzes der Partnergymnasien (s. Abb. 2) nehmen derzeit insgesamt nur etwa 2/3 aller Fachlehrkräfte an dem System teil.

Die nächste Abb. 4 zeigt das Ausleihverhalten der Lehrkräfte. Sie stammen von 17 Gymnasien, die im

Untersuchungszeitraum, nämlich Januar bis Dezember 2007, SchulPOOL-Versuche nutzten. Aufgetragen ist nach oben die Anzahl der Ausleihtage pro

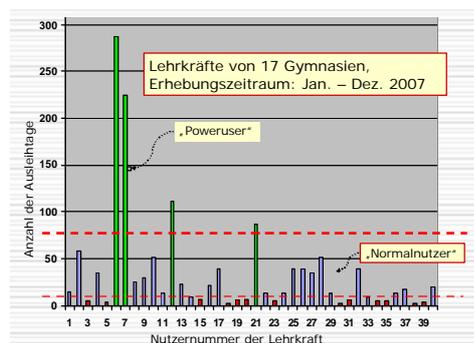


Abb. 4: Ausleihintensität der Lehrkräfte von 17 Gymnasien in einem gegebenen Zeitraum

Teilnehmer. Die durchschnittliche Ausleihszeit pro Experiment beträgt dabei ca. 6,5 Tage. Deutlich lassen sich Lehrkräfte identifizieren, die das System sehr häufig, z.B. an mehr als 80 Ausleihtagen pro Jahr nutzen („Power-User“). Manche von ihnen haben während der Schulzeit immer einen stets wechselnden oder sogar mehrere unterschiedliche SchulPOOL-Versuche zur Verfügung. Im Bild sind ihre Ausleihtage grün markiert. Als „Normalnutzer“ bezeichnen wir diejenigen Lehrkräfte, deren Ausleihtage im Bild blau gezeichnet sind. Immer wieder gibt es aber auch die Selten-Nutzer, die im ganzen Jahr lediglich ein- oder zweimal einen Versuch ausleihen. Da Lehrkräfte mit unterschiedlicher Nutzungsintensität häufig an derselben Schule unterrichten und daher auf dieselbe Schulsammlung zurückgreifen, gehen wir für diese Fälle auch von unterschiedlich starker Experimentierfähigkeit der Lehrkraft im Unterricht aus.

Abb. 5 zeigt schließlich, wie in einem auf freiwilliger Kooperation beruhenden System die Erstellung von Versuchsdokumenten, die ja von den Teilnehmern selbst hergestellt werden müssen, voranschreitet.

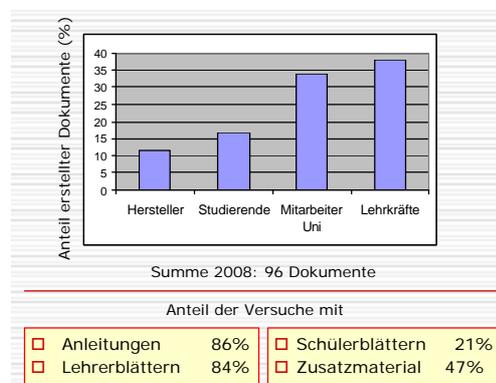


Abb. 5: Grad der Erstellung von Versuchsdokumenten durch die Systemnutzer

Im Jahr 2008 waren für ca. 50 Versuchsbereiche 96 Dokumente eingepflegt. Dabei waren für 86 % der Versuche Anleitungen vorhanden. 84 % aller Experimente hatten Lehrerblätter, allerdings waren nur bei 21 % Schülerblätter vorrätig und nur bei ca. jedem zweiten Versuch waren spezielle Tipps und Tricks angegeben.

In 12 % der Fälle kamen die Autoren der Dokumente vom Hersteller der Gerätschaften. In der Regel benötigen die Teilnehmer am System aber ganz speziell auf die Versuche und die Gerätschaften zugeschnittene Anleitungen, weil Hersteller ihre Versuchsprotokolle immer für alle nur denkbaren Anwendungsfälle schreiben und sie damit recht allgemein halten. Für die SchulPOOL-Experimente waren daher eigene Dokumente wünschenswert. Abb. 5 zeigt, dass 17 % aller im System vorhandenen Dokumente Studierende im Rahmen ihres Studiums an der Universität erstellt haben und 1/3 Universitätsmitglieder beigestellt haben. Ein weiteres Drittel wurde durch die Lehrerschaft beigesteuert. Bemerkenswert hierbei ist allerdings, dass von lediglich zwei Lehrern mehr als die Hälfte der Lehrkraft-Dokumente geschrieben wurden. Eigentlich könnten die Lehrkräfte, die an diesem System partizipieren, noch mehr Material beistellen. Das ist aber bisher auf freiwilliger Basis noch nicht passiert.

Um die Evaluation des Systems abzurunden, wurden über 1,5 Jahre die Lehrkräfte über die von ihnen ausgeliehenen Versuche befragt. Hierfür wurden an sie 250 Fragebögen ausgegeben, 74 davon konnten ausgewertet werden. Dies entspricht einer Rücklaufquote von ca. 30 %. Beispielhaft werden einige der Fragen mit den angegebenen Bewertungen in Abb. 6 gezeigt und im Folgenden besprochen:

	(alle Angaben in %)		
	Ja	Nein	k.A.
<input type="checkbox"/> Gab es Schwierigkeiten beim Aufbau?	12,2	83,3	4,1
<input type="checkbox"/> Ist Anleitung genügend ausführlich?	66,2	16,2	17,6
<input type="checkbox"/> Wurde der Versuch eingesetzt?	86,5	10,8	2,7
<input type="checkbox"/> War die Qualität der Ergebnisse ok?	78,4	8,1	13,5
<input type="checkbox"/> Wiedereinsatz des Versuchs geplant?	87,8	5,4	6,8

Von 250 Fragebögen 74 ausgewertet – Rücklaufquote 30%

Abb. 6: Evaluation der verfügbaren Versuche (Bewertungszeitraum Januar 2007 - Juni 2007)

Die Frage „Gab es Schwierigkeiten beim Aufbau?“ wurde zu 83,3 % mit „nein“ beantwortet.

Die Frage „Ist die Anleitung genügend ausführlich?“ wurde aber nur von ca. 2/3 der Teilnehmer bejaht. Knapp 20 % beantworten diese Frage gar nicht. Ein solches Übergehen der Antwort könnte auch bedeuten, dass den Befragten bewusst ist, dass hier Selbsthilfe, nämlich die eigene Verbesserung der Anleitung, indirekt eingefordert wird.

Die weitgehende Zustimmung zu der Frage „Wurde der Versuch eingesetzt?“ (86,5 %) zeigt, dass eine „Leerausleihe“ selten vorkommt: Wer ausleiht, experimentiert auch. Man kann daher das Experimentierverhalten aus den Daten des Systems entnehmen. Dass Schüler dann in fast 80% der Versuche ein befriedigendes Ergebnis erzielen, zeigt, dass das System an das Unterrichtsniveau angepasst ist. Das ist kein Wunder, denn die Lehrkräfte selbst haben die Versuche ja ausgesucht. Folgerichtig führen dann fast 90 % der Ausleihen zur Absicht, den Versuch auch künftig wieder auszuleihen. Dies hat zur Folge, dass das System weitgehend stabil arbeitet. Die Materialien sind also angemessen, das System ist einsatzfähig, wenn auch eine ständige Weiterentwicklung, z.B. durch Vernetzung mit anderen Schulprojekten, im Auge behalten werden sollte.

4. Weiterentwicklungen und Vernetzungen mit kooperierenden Schulinitiativen

Im Folgenden beschreiben wir als Beispiel einer typischen Weiterentwicklung, die zur Vernetzung mit verwandten Schulprojekten führt, die Kooperation des SchulPOOL-Projektes mit einem Schülerlabor für Astronomie. Einer von uns (M.W.) hat dieses aufgebaut. Hierzu wurden auf dem Dach seiner Schule 6 gleiche Teleskope aufgestellt [6]. Ein Bild vom Aufbau zeigt die Abb. 7.



Abb. 7: Aufbau des Schülerlabors für Astronomie auf einer unserer Partnerschulen

SchulPOOL sorgt in diesem Labor für die Logistik und die Organisation der Versuche. Das Labor verhält sich dabei wie ein SchulPOOL-Versuch, der in derselben Weise wie andere Versuche gebucht werden kann. Als wesentlicher Unterschied kommt in diesem Fall die Klasse zum Experiment und nicht das Experiment zur Klasse. Kennzeichen der SchulPOOL-Logistik ist, dass sie flexibel genug ist, auch mit solchen veränderten Situationen und ihren Randbedingungen umzugehen. So kann z.B. die Anleitung der Besucher zumindest teilweise durch Lehramtsstudierende der Universität erfolgen. Dies kann so weit gehen, dass diese sogar ganze Kurse im Rahmen ihrer Ausbildung oder im Rahmen von

Abschlussarbeiten halten können. Die Verzahnung von Lehramtsstudium und Unterricht bzw. Schularbeitsgemeinschaft wird dadurch optimal gefördert.

Mit den vorstehenden Einzelheiten haben wir gezeigt, dass die Gründung von freiwillig im experimentellen Bereich kooperierenden Schulclustern sinnvoll ist. Folgerichtig wurde daher vor kurzem der erste Cluster dieser Art unabhängig vom Wuppertaler Cluster im Rhein-Kreis Neuss ins Leben gerufen. Er betreibt eine selbstständige Nutzung des SchulPOOL-Prinzips. Zunächst wurden die Experimente für neun Versuchsbereiche in Form eines Starterkits definiert. Zu den Versuchsbereichen gehören z.B. Experimente zur Radioaktivität, zu Energie, Impuls und Kinematik, bis hin zu Versuchen zur Induktion, etc. Die Versuche sind in der Regel rechnergestützt und als Schüler-Klassensätze ausgeführt. Danach wurde die Logistik implementiert. Es wird der zentrale Server in Wuppertal benutzt, der ohne weiteres mehrere solcher Zentren parallel bedienen kann. Der Ort für den Server ist nicht wichtig; es könnte jeder andere Ort hierfür gewählt werden.

Dann wurden die Materialien, also Lehrerblätter, Schülerblätter etc. implementiert. Zumindest ein größerer Teil konnte aus dem Wuppertaler Cluster übernommen werden. Auch so wurde eine Zusammenarbeit der Lehrkräfte zwischen unterschiedlichen Clustern generiert. Für die Lagerung und den Versand der Experimente konnte das Kreis-Medienzentrum in Neuss gewonnen werden. Der letzte aber auch sehr wichtige Punkt betrifft die Finanzierung.

5. Finanzierung und Bewertung

In Neuss wurden einerseits öffentliche Mittel, die vom Kreis stammen, eingeworben. Auch lokale Stifter konnten gewonnen werden. Die Anschaffung des oben genannten „Starterkits“ an Versuchen war damit gesichert, wenn auch bei einem funktionierenden System immer wieder Wünsche nach einer Ergänzung und Fortentwicklung der gemeinsamen Sammlung entstehen. Im Wuppertaler Cluster wurde hierfür ein weiteres Finanzierungsmodell erprobt, das abschließend beschrieben werden soll.

Ein lokales Industrieunternehmen, das wie ein „Coach“ für die Interessen der Schulen wirkte, arbeitete dabei mit der Universität Wuppertal zusammen und setzte sich für die Schulen der Region ein. In einem unabhängigen Cluster kann die Rolle der Universität durch die Gemeinschaft der beteiligten Schulen übernommen werden. Zur Finanzierung von SchulPOOL wurde ein gemeinsamer Brief des industriellen Coaches und der Universität an eine größere Zahl regionaler Industrieunternehmen versandt. Mit dem Argument, zur sehr guten Ausbildung von Abiturienten beizutragen, konnten dadurch von 152 angesprochenen Unternehmen 28 gewonnen werden,

die die Schulen aufgrund dieser Aktion unterstützen. Dies war ausreichend für die Anschaffung von Erweiterungen. Vom Umfang her könnten die Mittel aber auch den kompletten Erwerb der oben genannten Experimente für ein „Starter-Kit“ ermöglichen. Im Durchschnitt hat sich im Einzugsbereich von SchulPOOL aufgrund des Info-Briefes fast jedes fünfte Unternehmen engagiert. Damit steht unseres Erachtens ein Verfahren zur Verfügung, das auch in beliebigen anderen Regionen bei Cluster-Neugründungen für die Schulen erfolgreich sein kann.

Zusammenfassend haben wir gezeigt, dass die selbstständige Anschaffung von Experimentiermaterial durch Schulcluster sinnvoll ist. Es hat eine dauerhafte und stärkere Nutzung physikalischer Experimente im Unterricht zur Folge. Das Unterrichten nach dem SchulPOOL-Prinzip kann sich selbstständig ausbreiten. Eine Führung durch eine Hochschule ist nicht mehr erforderlich.

6. Danksagung

Wir danken der Robert-Bosch-Stiftung GmbH, Stuttgart, der Bayer Science & Education Foundation, Leverkusen, dem Rhein-Kreis Neuss, der Stadt Dormagen sowie unseren zahlreichen Förderern aus der Industrie für die großzügige Unterstützung unserer Arbeit.

7. Literatur

- [1] Wilke, H.-J. (1993). Zur Bedeutung des Experiments für den Physikunterricht. In: Naturwissenschaft im Unterricht Physik 4(18), S. 84-85.
- [2] Fachliche Hinweise - Experimente für das Zentralabitur des Schulministeriums NRW unter <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/getfile.php?file=1111> (Stand 5.2010)
- [3] Fischbach, J.U., Neuroth, W. und Paul L. (2003). Aufbau einer zentral geführten physikalischen Versuchssammlung für den gleichzeitigen Gebrauch an mehreren Schulen; in: Nordmeier, V.: Didaktik der Physik; Augsburg 2003, ISBN 3-936427-71-2
- [4] Fischbach, J.U., Neuroth, W. und Mertens, M. (2005). Eigenschaften der Logistik für zentral geführte Schulphysiksammlungen; in: Nordmeier, V.: Didaktik der Physik; Berlin 2005, ISBN 3-86541-134-7
- [5] Guderian, P. und Priemer, B. und Schön, L. (2006). In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an Physik. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 5(2), 142-149
- [6] Winkhaus, M. (2010). Eine Sternwarte als Schülerlabor Astronomie; in: Nordmeier, V., Grötzebauch, H.; Didaktik der Physik; Hannover 2010, wird veröffentlicht