

Das „Reichshofer Experimentierdesign“ zur Entwicklung und Überprüfung des Einsatzes von Tablet-PC im Physikunterricht - Ergebnisse der Längsschnittanalyse von 1. und 2. Phase -

*André Bresges, +Jörg Schmoock, +Andreas Quast, +Jens Schunke-Galley, *Jeremias Weber,
*Dorothee Firmenich, +Ruth Beckmann und *Marga Kreiten

* Universität zu Köln, Institut für Physik und ihre Didaktik, Gronewaldstraße 2, 50931 Köln +Gesamtschule
Reichshof, Hahnbacher Str. 23, 51580 Reichshof
andre.bresges@uni-koeln.de, joerg.schmoock@gesamtschule-reichshof.de,
andreas.quast@gesamtschule-reichshof.de, j.schunke-galley@berlin.de, jeremias.weber@uni-koeln.de

Kurzfassung

Im Rahmen eines *Design Based Research* Projektes beleuchten wir zusammen mit Lehrern der Gesamtschule Reichshof und Studierenden eines Physikdidaktik-Seminars die Besonderheiten des Einsatzes von Tablet-PCs beim physikalischen Experimentieren und entwickeln und pilotieren ein nutzbares Design und ein computergestütztes Bewertungsverfahren für den experimentellen und projektorientierten Unterricht.

Dabei gehen wir im Rahmen eines Versuchs-/Kontrollgruppen Designs zweiteilig vor. Zuerst erarbeiten sich beide Gruppen Grundlagen aus den Bereichen "Auftrieb", "Stabilität", "Gravitation", "Geschwindigkeitsmessung" und "Bewegungsformen", indem sie Experimente an Stationen durchführen. Dabei nutzt die Versuchsgruppe iPads zur Messung und Dokumentation, während die Kontrollgruppe ihre Ergebnisse konventionell festhält. Der Lernzuwachs wird mit elektronischen Tests fortlaufen erhoben.

1. Einleitung

1.1 Die Bedeutung des forschenden Lernens in der Unterrichtspraxis

Das Lehramtsstudium an der Universität zu Köln besteht aus drei wesentlichen Praxisphasen, dem Orientierungspraktikum, dem Berufsfeldpraktikum und dem Praxissemester. Alle Praxisphasen werden von den Studierenden in einem durchgehenden Entwicklungsportfolio dokumentiert. Damit sollen die Studierenden in ihrer Reflexionsfähigkeit gefördert werden, die als „Schlüsselkompetenz von pädagogischer Professionalität“ [1] betrachtet wird.

Als wesentlich für die Entwicklung einer pädagogischen Handlungsfähigkeit, Innovationsfähigkeit und Resilienz und für den Aufbau eines hochwertigen Wachstumsportfolios wird das forschende Lernen betrachtet [2][3]. Die Durchführung eines abgeschlossenen Projektes zum forschenden Lernen ist verbindlicher Bestandteil des Praxissemesters und wird von der Seite der Universität begleitet und bewertet. Die Grundlagen dafür werden bereits im Orientierungs- und Berufsfeldpraktikum gelegt.

Im Institut für Physik und ihre Didaktik wird zur Grundlegung des forschenden Lernens das *Learning*

By Teaching System benutzt [4][5]. Hierzu werden zusätzlich zur Hauptvorlesung Selbstlerngruppen organisiert, die jeweils von zwei Tutoren angeleitet werden. Die Tutoren sind Lehramtsstudierende der Physik, die auf diesem Wege erste Erfahrungen im Anleiten von Lerngruppen gewinnen sollen.

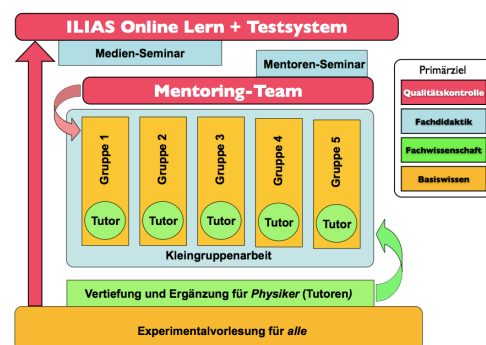


Abb. 1: Das System „Learning By Teaching“ wird in den ersten Semestern zur Aufarbeitung physikalischer Grundlagen (für Physik als Nebenfach) und zum Aufbau erster Erfahrung mit Physikvermittlung und forschendem Lernen eingesetzt.

Zur Vorbereitung der Gruppenarbeit werden von den Dozenten elektronische Tests vorbereitet und im e-Learning System ILIAS für die Tutoren zur Verfügung gestellt. Das Testen erfolgt in einem pre-post Design: Es wird von allen Teilnehmern erwartet, dass sie vor Beginn der Gruppenarbeit den Test einmal durchführen. Die Tutoren erhalten vom System umgehend Einsicht in die Teststatistik ihrer Gruppe und sollen die Ergebnisse für ihre Arbeit nutzen, indem sie damit das Vorwissen der Mitstudierenden analysieren und Hypothesen für erfolgreiche Konzepte zur Vermittlung der für das Tutorium vorgegebenen Inhalte generieren. Ein Post-Test nach Absolvieren des Tutoriums informiert die Tutoren über den Lernerfolg der Gruppe und wird gemeinsam mit den Mentoren, die die Tutoren während der ersten Semester betreuen, diskutiert. Die anonymen Teststatistiken werden zusammen mit den Stundenentwürfen und dem Verlaufprotokoll des Mentors zum Teil des studentischen Portfolios.

1.2 Zielsetzung

In einem Pilotversuch sollte untersucht werden, inwieweit sich die im Konzept „Learning by Teaching“ erworbene Methodenkompetenzen:

- a) Planung und Durchführung elektronischer Tests,
- b) Auswertung mit robusten statistischen Methoden,
- c) Nutzung der Ergebnisse zur Interventionsplanung,
- d) Durchführung der Intervention und
- e) Diskussion des Verlaufs aus unterschiedlichen Perspektiven;

sich für das forschende Lernen im Rahmen der Unterrichtspraxis eignen. Hierzu wurde im Rahmen eines Seminars zur Fachdidaktik gemeinsam mit Studierenden und Lehrerinnen und Lehrern der Gesamtschule Reichshof eine Intervention geplant, durchgeführt und evaluiert.

1.3 Einordnung in vorher geleistete Arbeiten

Eine Grundidee unseres Ansatzes ist die schnelle Verbreitung von ersten Ergebnissen in der Community of Practice, um die Ergebnisse zu diskutieren und möglichst viele fachliche und unterrichtsmethodische Perspektiven in die Interpretation einzubeziehen. (Abbildung 2). Eine Veröffentlichung von Zwischenergebnissen aus der ersten Versuchsphase erfolgte daher unmittelbar nach Abschluß der ersten Versuchsphase im MINT-Themenspezial „Unterrichten mit Tablet-Computern“ der MNU [6]. Im einzelnen sind mit diesem Artikel identisch: Die Beschreibung der Versuchsplanung (Abschnitt 2), die Darstellung der Ergebnisse des 1. Versuchsteils (Abschnitt 3.1.1), die Ergebnisse des Interviews mit den Leitern von Kontroll- und Versuchsgruppe (Abschnitt 3.2) und der Lesekompetenztest.

Neu ist: Die Darstellung der Ergebnisse der zweiten Phase, die Ergebnisse der Post-2 Tests einen Monat nach Versuchsdurchführung, der Vergleich zwischen den Ergebnissen des ersten und zweiten Versuchsteils, die zusammenfassende Darstellung (Abschnitt 5) und die Einbindung in die Lehrerausbildung an der Universität zu Köln (vorangehender Abschnitt).

2. Planung

2.1 Leitlinien des Design Based Research

Design Based Research oder DBR versucht einen Beitrag zur Lösung der „Glaubwürdigkeitskrise“ der Fachdidaktik zu leisten. Empirische Bildungsforschung verlangt nach hoher wissenschaftlicher Rigidität. Die zu untersuchenden Variablen sollen möglichst genau kontrolliert, Kontexteinflüsse minimiert werden. Unterrichtsgeschehen ist aber komplex, dynamisch und kreativ; die individuelle Persönlichkeit des Lehrers sowie die konkrete Unterrichtsorganisation vor Ort sind dominante Faktoren für den Lernerfolg [7] und können für praxistaugliche Erkenntnisse schlecht ignoriert oder eliminiert werden.

Die wesentlichen Leitlinien für ein DBR Projekt [8] lauten daher:

- a) Das Design von Lernumgebungen muss verknüpft sein mit der Weiterentwicklung von Theorien des Lernens.
- b) Es findet ein Kreislauf von Design, Durchführung, Analyse und Redesign statt.
- c) Das Ziel sind übertragbare Theorien, die zwischen Forschung und Praxis ausgetauscht werden. Diese Theorien werden je nach Autor als „Prototheorien“ (Hoadley), „Mikrotheorien“ (diSessa) oder „lokale Theorien“ (Prediger et al.) bezeichnet und sollen sowohl Einsichten in die realen Lehr-Lernprozesse in Schulen ermöglichen, als auch Prognosen und echte Handlungsleitlinien für das Lehrpersonal vor Ort bieten.
- d) Die Forschung soll untersuchen, wie sich bestimmte „Designs“, also klar definierte und mit brauchbaren Materialien ausgestattete Unterrichtsgänge, in echten Unterrichtssituationen bewähren. Die Reaktion aller Prozessbeteiligten - Schüler, Lehrer, Schulleitung und Eltern - auf die neuen Konzepte ist Gegenstand des Forschungsinteresses. Der Kontext „Schule“ wird nicht eliminiert, sondern mit einbezogen und soll die Erkenntnisse

für die eigene Weiterentwicklung nutzen können.

- e) Entsprechend müssen die Forschungsmethoden so integrativ gewählt werden, dass sie den Verlauf des Unterrichtsversuches und die Interaktionen der Betroffenen dokumentieren und Ursache/Wirkungszusammenhänge aufklären.

Der Kreislauf von Design, Durchführung, Analyse und Redesign für diesen Versuch ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Zielsetzung des Versuches wird zwischen Fachdidaktikern, Lehrerinnen und Lehrern und Vertretern der Schulleitung gemeinsam erarbeitet. In die konkrete Planung des Unterrichtsversuches werden die Studierenden des Seminars direkt einbezogen, genauso wie in die Entwicklung und Ersterprobung der Experimente.

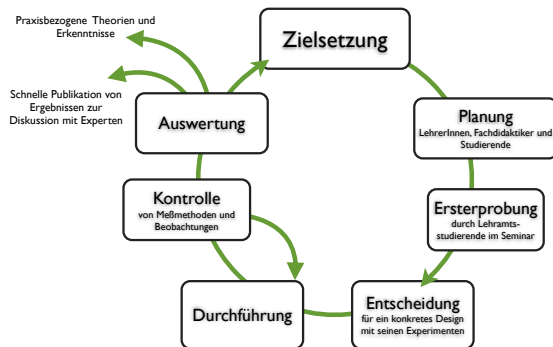


Abb. 2: Ein Kreislauf von Zielsetzung, Planung, Durchführung, Auswertung und neuer Zielsetzung (Re-Design) ist typisch für Design Based Research.

2.2 Planung der Intervention

Im Mittelpunkt der Planung stehen physikalische Freihand-Experimente und ihre Einbettung in den Unterricht. Die Experimente wurden aus der praktischen Erfahrung und der Literatur ausgewählt und durch die Seminargruppe der Studierenden erprobt. Die Instruktion auf den Arbeitsblättern sollte dabei so klar und einfach sein, dass eine direkte Instruktion durch die Lehrkräfte nach Möglichkeit unnötig ist. Die Beeinflussung durch die Lehrkräfte wird dadurch minimiert, im Vordergrund steht der Einfluss der Hilfsmittel, die den Schülern zu Verfügung gestellt werden.

Die Arbeitsweise von Versuchsgruppe und Kontrollgruppe unterscheidet sich an einer zentralen Stelle: Die Versuchsgruppe enthält ihre Arbeitsanweisungen über den WebDAV Server in Form von Präsentationsfolien auf den Tablet-Computern (Abbildung 3). Sie soll die

Versuchsdurchführung, die Beobachtungen und die Erkenntnisse mit Hilfe der auf dem Tablet-Computer installierten Werkzeuge (Kamera, Schnittsoftware, Textverarbeitungssoftware, Präsentationssoftware) dokumentieren und die Ergebnisse selbstständig und fristgerecht in individuellen Ordnern auf dem WebDAV Server hochladen.



Abb. 3: Elektronische Arbeitsanweisungen der Versuchsgruppe.

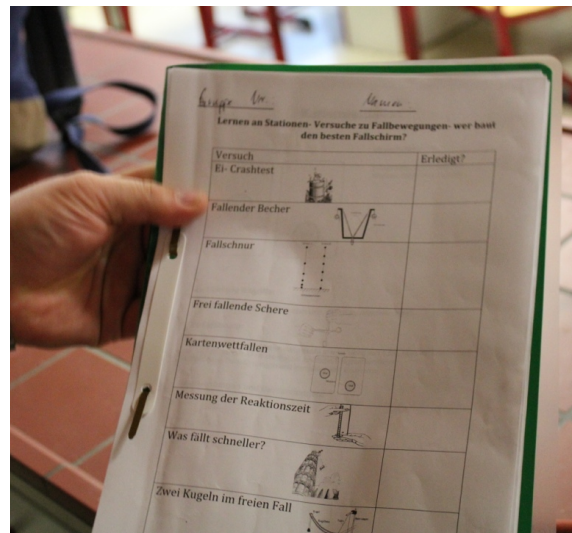


Abb. 4: Papiergebundene Arbeitsblätter und Laufzettel der Kontrollgruppe.

Die Vergleichsgruppe erhält die gleichen Anweisungen in Papierform. Als Hilfsmittel dienen Papier und Schreibzeug, Stoppuhren und Maßbänder. Die Beobachtungen sollen in Form von Skizzen und handschriftlichen Beschreibungen direkt auf den Arbeitsblättern erfolgen, die in einem Schnellhefter gesammelt und mit einem eigenen Deckblatt versehen werden (Abbildung 4)

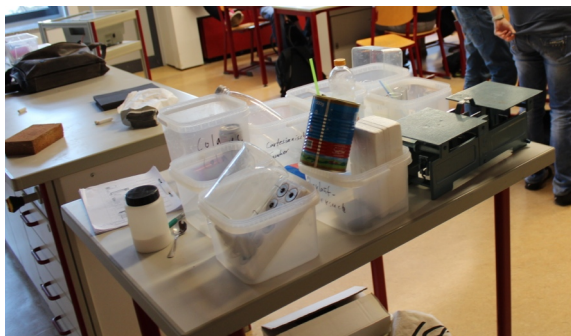


Abb. 5: Die einfachen Versuchsmaterialien werden beiden Gruppen vor der Stunde in Form von Experimentiersätzen zur Verfügung gestellt.

Die eigentlichen Versuchsmaterialien sind für beide Gruppen identisch und werden in Form von Experimentiersätzen durch die Fachlehrer zur Verfügung gestellt. Alle Schülerinnen und Schüler führen nacheinander alle Versuche durch, so wie die Experimentiersätze frei sind.

Die meisten Versuche wurden dem Kompendium „physikalische Freihandexperimente“ von Berthold et al. [9] entnommen. Es handelt sich um einfache Versuche, die ohne Sicherheitsbedenken durchgeführt werden können. Ein direktes Eingreifen der Lehrkraft aus Sicherheitsaspekten war deshalb an keiner Stelle der Versuchsdurchführung nötig. Weiterhin haben solche Versuche den Vorteil, das sie in verschiedenen Schulen wiederholt werden können ohne dass dafür spezielle Geräte beschafft werden müssen. Ein Beispiel für eine Versuchsanweisung gibt die Abbildung 6 wieder:

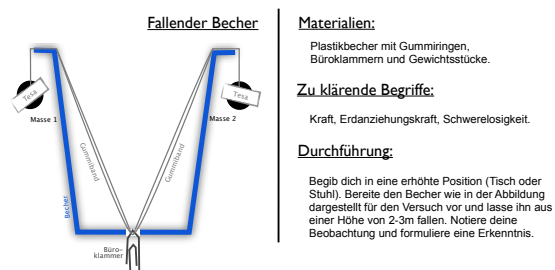


Abb. 6: Kurze Versuchsbeschreibung

2.3 Planung der Evaluation

Bei Kontroll- und Versuchsgruppe handelt es sich um zwei Schulklassen, die nicht eigens für den Versuch nach bestimmten Merkmalen (wie Schulleistung, Intelligenz...) zugeordnet wurden. Dies ist für eine empirische Studie ungünstig, bildet aber die Realität ab unter der Unterrichtsentwicklung in der Schule statt findet. Schule ist voll von organisatorischen Rahmenbedingungen und

weit von der idealisierten Wirklichkeit des Lernlabors entfernt.

Um den Einfluss einer leistungsmäßig ungleichen Zusammensetzung von Kontrollgruppe und Versuchsgruppe bei der Arbeit mit ganzen Schulklassen angemessen zu berücksichtigen, hat zum Beispiel Jochen Kuhn in seiner Habilitationsschrift [10] zur Entwicklung authentischer Aufgaben erfolgreich eine Methode verwendet, in der die Rollen von Kontroll- und Versuchsgruppen zwischen den Klassen ausgetauscht werden. Dies wird in Abbildung 7 dargestellt. Wenn die Versuchsgruppe leistungsstärker als die Kontrollgruppe ist und deshalb (und nicht durch die Intervention) eine bessere Leistungsentwicklung zwischen Pre- und Posttest zeigt, so muss sich im zweiten Teil der Studie dieser Vorteil genau umkehren, weil die leistungsstärkere Gruppe nun die Kontrollgruppe stellt. Voraussetzung dafür ist, dass die Kompetenztests in beiden Versuchsteilen ungefähr gleich schwierig sind und die gleichen Kompetenzbereiche berücksichtigt werden.



Abb. 7: Kontrollgruppe und Versuchsgruppe wechseln ihre Rolle im zweiten Versuchsteil.

Der erste Teil des Unterrichtsversuch fand in den Fachräumen der Gesamtschule Reichshof im Zeitraum 22. Oktober bis zum 12. November 2012 statt. Für den Versuch wurden zwei Erweiterungskurse der Jahrgangsstufe 9 mit je 28 Schülerinnen und Schülern ausgesucht. Die Fachlehrer Physik der beiden Klassen waren während des gesamten Versuches anwesend, hatten aber außerhalb der Organisation von Medien und Material keine inhaltliche Aufgabe. Wissenschaftler und Lehramtsstudierende waren zur Beobachtung und zur Durchführung von der Pre- und Posttests anwesend, jedoch nie mehr als 2 gleichzeitig.

Der Versuch begann mit einer allgemeinen Information der Fachlehrer, in der die Schülerinnen und Schüler über die Ziele der Versuchsreihe aufgeklärt und zur Teilnahme aufgerufen wurde (1. Stunde). Dies wurde gefolgt von einem Lesekompetenztest und einem Motivationstest, der das allgemeine Interesse an Physik, neuen Medien und Physikunterricht abfragt (2. Stunde). In der 3. Stunde wurde das Fachwissen der SuS zum freien Fall mit einem elektronischen Multiple-Choice Test mit Hilfe des Learning Management Systems ILIAS erhoben. Die 4. - 8. Stunde beinhaltete die Durchführung des eigentlichen Unterrichtsversuches, gefolgt von einem Posttest des Fachwissens zum freien Fall.

Der zweite Versuchsteil mit vertauschter Versuchs- und Kontrollgruppe begann mit dem Pretest am 25. Januar und verlief nach dem gleichen Muster bis zum 22. Februar. Der Post-2 oder Follow-Up Test fand einen Monat später am 22. März statt. Während in der zurückliegenden Veröffentlichung [6] nur Ergebnisse des ersten Versuchsteils ohne Post-2/ Follow-Up Test dargestellt werden konnten, können in diesem Artikel erstmals alle Ergebnisse aus beiden Versuchsteilen dargestellt und verglichen werden.

3. Ergebnisse und Kontrolle des Verlaufes

3.1 Quantitative Erhebung der Kompetenzentwicklung in den Bereichen Kommunikation und Fachwissen.

Die Auswahl der zu prüfenden Kompetenzen und die Entwicklung der Aufgaben geschah in enger Zusammenarbeit zwischen Lehrerinnen und Lehrern Studierenden der Seminargruppe und den beteiligten Wissenschaftlern. Insgesamt waren in beiden Tests 28 Punkte zu erzielen. Die Erhebung geschah elektronisch mit Hilfe der Multiple-Choice Testfunktion des Learning Management Systems ILIAS. Als Eingabemedium dienten die gleichen Tablet-Computer, die auch für das Experimentieren genutzt wurden. Die Medienkompetenz der Teilnehmer in Versuchs- und Kontrollgruppe war nach Einschätzung des Medienkoordinators der Schule hoch genug, um eine sichere Bedienung der Geräte zu gewährleisten. Dies wurde durch eine gemeinsame Schulung aller Teilnehmer sicher gestellt. Die Anonymität der Schülerinnen und Schüler wurde dadurch gewährleistet, dass die Schüler nicht ihre Namen sondern einen individuellen Code angeben, der nicht einzelnen Schülern zugeordnet werden kann.

3.1.1 Versuchsteil 1

Die Abbildung 8 stellt die Ergebnisse der Multiple-Choice Tests vor und nach dem Unterrichtsversuch in einem Box-Whisker-Diagramm dar. Dabei zeigen die Boxen den sogenannten Interquartilsabstand an: Das sind die Bereiche, in denen 50% der Testergebnisse liegen. Die „Antennen“ (Whisker)

zeigen die Verteilung aller Ergebnisse in Kontrollgruppe und Vergleichsgruppe an. Der Definition von Tukey [11] folgend sollen die Whisker maximal die 1,5 fache Länge des Interquartilsabstandes haben. Werte die weiter außen liegen werden als „Ausreißer“ gesehen und mit einem kleinen Kreis gekennzeichnet. Die Whisker erstrecken sich bis zum letzten Datenpunkt, der nicht zu den Ausreißern zählt. Wenn die Verteilung der Werte mehr oder weniger einer Normalverteilung folgt, liefert das Box-Whisker Diagramm einen schnellen Überblick über die Verteilung der Ergebnisse.

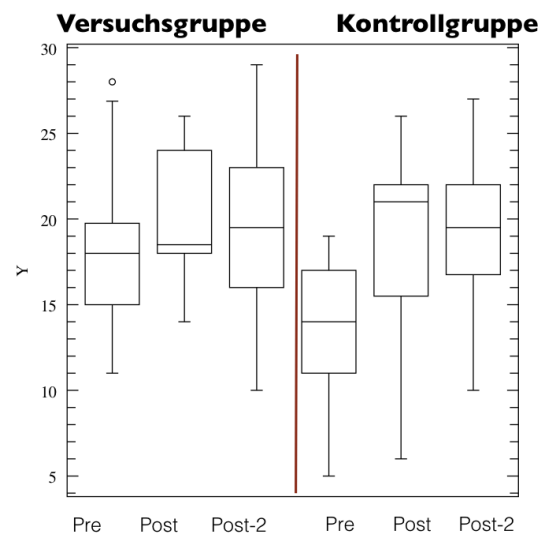


Abb. 8: Box-Whisker-Plot der Testergebnisse aus Versuchsteil 1

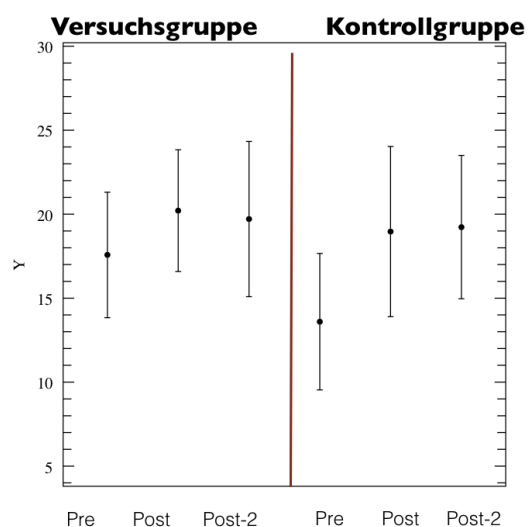


Abb. 9: Mittelwerte und Standardabweichung der Testergebnisse aus Versuchsteil 1

Zunächst fällt auf, dass die Versuchsgruppe mit deutlich besseren Lernvoraussetzungen gestartet ist als die Kontrollgruppe. Entsprechend weniger absoluten Zugewinn kann die Versuchsgruppe auch im Post-Test nach dem Unterrichtsversuch erzielen. Die mittleren Ergebnisse der Versuchsgruppe liegen aber stets über den Ergebnissen der Vergleichsgruppe.

Beide Gruppe erzielen signifikante Zugewinne von Pre- zu Post-Test. Der mittlere Zugewinn der Versuchsgruppe liegt bei 2,6 Punkten, das ist etwas weniger als eine Standardabweichung ($SD = 3.68$). Dass das Ergebnis zufällig zustande kommt, ist mit $p = 0.013$ statistisch sehr unwahrscheinlich, wie ein t-Test mit gepaarten Stichproben ergibt. Die Nullhypothese, dass die Arbeit mit den Freihand-Experimenten keinen Kompetenzzuwachs mit sich bringt, kann also abgelehnt werden. Dabei scheint es auf den ersten Blick keine große Rolle zu spielen, ob die Versuche mit Hilfe eines Tablet-Computer dokumentiert werden, oder mit Papier und Bleistift.

Beim zweiten Blick auf die Abbildung 8 fällt aber deutlich ein erstaunlicher Unterschied in der Verteilung der Ergebnisse zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe auf:

Die Streuung der Ergebnisse, gemessen am Abstand zwischen der größten und kleinsten Punktzahl, ist in der Versuchsgruppe nach den Experimentierstunden mit dem Tablet-Computer deutlich geringer geworden.

Die Streuung der Ergebnisse ist in der Kontrollgruppe nach den Experimentierstunden ohne Tablet-Computer deutlich größer geworden. Einige SchülerInnen scheinen von dieser Form des Unterrichtes nicht im geringsten profitiert zu haben! Die Spitzenschüler sind in Kontroll- und Versuchsgruppe gleichauf. Im Gegensatz zur Kontrollgruppe gab es in der Versuchsgruppe aber keine Schüler mit weniger als 50% der erzielbaren Punkte im Post-Test.

3.1.2 Versuchsteil 2 mit getauschten Gruppen

Im zweiten Versuchsteil übernahm den Konzept von Kuhn [10] folgend die ehemalige Kontrollgruppe die Funktion der Versuchsgruppe, die ehemalige Versuchsgruppe wurde dafür Kontrollgruppe.

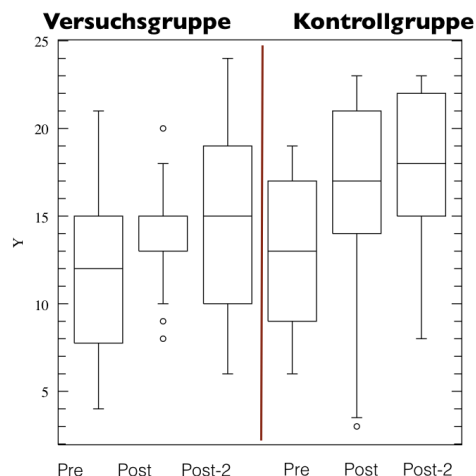


Abb. 10: Box-Whisker-Plot der Testergebnisse aus Versuchsteil 2 mit getauschten Gruppen

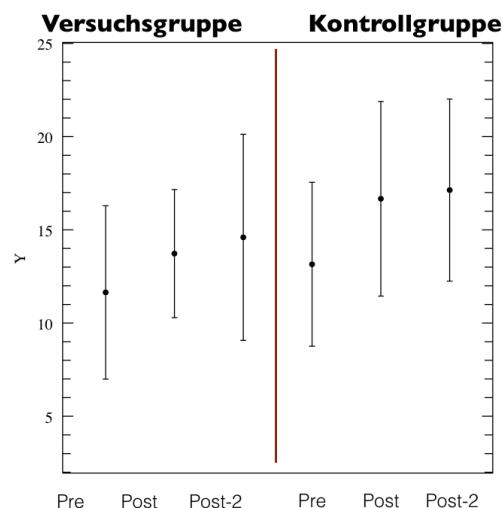


Abb. 11: Mittelwerte und Standardabweichung der Testergebnisse aus Versuchsteil 2 mit getauschten Gruppen.

Erneut zeigte sich der gleiche Effekt: Die Ergebnisse der Versuchsgruppe lagen im Post-Test im Mittelwert um 2 Punkte höher als im Pre-Test. Auch im zweiten Versuchsteil ist die Streuung der Ergebnisse, gemessen am Abstand zwischen der größten und kleinsten Punktzahl, in der Versuchsgruppe erheblich kleiner geworden; die Streuung in der Kontrollgruppe hat sich dagegen deutlich erhöht. Dies weist auf einen gruppenunabhängigen Effekt hin, der mit der Intervention in Verbindung steht.

Ein Langzeiteffekt läßt sich daraus erneut nicht prognostizieren: Im Post-2 Test einen Monat nach der Intervention zeigte sich bei Versuchsgruppe und Kontrollgruppe vergleichbare Streuungen. Mit

SD=5.53 ist die Standardabweichung der Versuchsgruppe langfristig im Post-2 Test sogar größer geworden als in der Kontrollgruppe (SD=4.88).

3.2 Leitfragengestützte Interviews mit den Lehrkräften in Kontroll- und Versuchsgruppe

Die elektronische Lernstandskontrolle mit Learning Management Systemen liefert innerhalb von Minuten statt Wochen wichtige Rückmeldungen darüber, wie die Kompetenzen sich in Versuchsgruppe und Kontrollgruppe entwickelt haben. Das ist ein wertvoller Faktor. In diesem Versuch konnten auf der Grundlage der quantitativen Ergebnisse Leitfragen für ein Interview entwickelt werden, das die noch frischen Eindrücke der Lehrkräfte abfragen sollte. Damit sollten insbesondere Ursache und Wirkungszusammenhänge aufgeklärt werden, die zur Interpretation und Einordnung der quantitativen Ergebnisse dienen sollten. Insbesondere die vergleichsweise geringe Streuung der Tablet-Computer-Gruppe sollte sich nach Möglichkeit erklären lassen: Eine stärkere Homogenität der Lerngruppe bedeutet immerhin auch eine Annäherung der Lernvoraussetzung, und das kann es erleichtern im Folgeunterricht auf den Ergebnissen der Arbeit aufzubauen; zumal wenn der Lernstand der Versuchsgruppe nicht hinter dem Ergebnis der Kontrollgruppe zurücksteht.

In der Folge wird eine Transkription der wesentlichen Fragen und Antworten aus dem Interview wiedergegeben.

Hierbei ist:

Q: Frage des Interviewer

L(VG): Antwort des Betreuers der Versuchsgruppe

L(KG): Antwort des Betreuers der Kontrollgruppe

Q: Welche Beobachtungen konnten Sie machen?

L(VG): "Die Schüler waren sehr gezielt bei den Experimenten, auch mit einem gewissen Enthusiasmus, dabei. Einige Versuche wurden sehr intensiv, bis zu eine Stunde, ausgelebt. Die Schüler mussten daher zwischendurch auf einzelne Versuche warten. Sie konnten teilweise die Wartezeit damit überbrücken, dass sie an die Geräte gegangen sind und die Auswertung von Versuchen vorgenommen haben."

Q: Gab es bei Ihnen Leerlaufphasen zwischen den Versuchen?

L(VG): "Nein. Gar nicht."

L(KG): "Leerlaufphasen gab es bei uns schon. Das ging bereits in der drittletzten Stunde los, das die ersten Gruppen fertig wurden. Ich denke, das hängt auch zum Teil damit zusammen, dass ein Arbeitsblatt möglicherweise schneller und nachlässiger ausgefüllt wird als wenn ich wirklich ein Video drehen muss, bei dem ich mit meinem Gesicht und meiner ganzen Person dahinter stehe."

L(VG): "Mir ist vor allem aufgefallen, dass sie bestimmte Versuche mehrfach durchgeführt haben. Einmal um zu schauen was passiert, gegebenenfalls noch mehrmals um die richtige Kameraeinstellung zu finden, und dann wollten sie eventuell bestimmte Messergebnisse besonders deutlich herausbekommen, wenn man z.B. Video Physics einsetzt."

Q: Hatten Sie den Eindruck, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Produkt dass sie abgeben identifizieren?

L(VG): „Sie haben auf jeden Fall sehr intensiv überlegt, was sie überhaupt in die Kamera hineinsprechen (...) Sie haben sich eigentlich vorher am Tisch erst mal unterhalten: Was sprechen wir jetzt in die Kamera. Ich denke mal, dadurch hat man natürlich einen größeren Zeitaufwand. Aber Kommunikation ist immer gut für den Gedankenaustausch, und um etwas zu verfestigen. Ich denke mal, das war hier etwas intensiver."

Q: Ist diese Art Unterricht, die wir gerade gesehen haben, deutlich anstrengender für die Lehrperson?

L(VG): „Ich kann mich sehr zurücknehmen. Im Vorhinein hat man relativ großen Aufwand - also Material zusammenstellen, die Planung an sich. Was nehme ich mit hinein in so ein Stationenlernen? Was ist effektiv, was ist nicht effektiv? Dann natürlich einerseits die Arbeitsblätter und andererseits die Keynotes. Das ist alles Zeit die man vorher investiert. Aber im Unterricht kann man sich dann sehr auf die Arbeit der Schüler konzentrieren. Was machen die Schüler? Man kann mit Ihnen ins Gespräch kommen und muß sich nicht auf den eigentlichen Inhalt konzentrieren, sondern kann sich sehr auf die Beobachtung zurückziehen."

Q: Was muss passieren wenn man diese Unterrichtsreihe reproduziert? In einem Jahr soll die Unterrichtsreihe erneut durchgeführt werden. Wie hoch ist der Aufwand für eine erneute Durchführung?

L(VG): „Für mich wäre der Aufwand gegen Null. Das würde ich so sehen.“

L(KG): „Der Unterschied bei mir ist natürlich der: Wenn man es digital macht hat man eine Keynote die man auf dem Server abspeichert, während ich für meine Gruppe ein Arbeitsblatt erstellen müsste und dazu natürlich auch die ganzen Kernbegriffe - die in die Keynote nur als Hyperlink eingebettet waren - natürlich auch ausdrucken, laminieren und so weiter muss. Das ist natürlich schon noch mehr Aufwand“.

L(VG): Ich sehe für das nächste Jahr den Aufwand natürlich darin, dass man bestimmte Materialien nachfüllen muss. Aber da muss ich jetzt nicht mehr suchen und sagen: Das brauche ich dafür, dass passt jetzt. Ich weiß jetzt: Meine Fallschirm ist fertig, und diese Schraube brauche ich für diesen Versuch.

L(KG): „Und ich persönlich finde eine Keynote auf dem Server auch schneller wieder als die laminierten Arbeitsblätter“.

3.3: Erfassung der Lesekompetenz

Vor Versuchsbeginn wurde die Lesekompetenz der Schülerinnen und Schüler bestimmt. Hierzu wurde den Schülern ein Beispieltext vorgelegt, den sie nach vorgegebenen Fragestellungen im Multiple-Choice-Verfahren auswerten sollten.

Weder in Versuchsgruppe noch in der Kontrollgruppe ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem Abschneiden im Post-test und ihrer Lesekompetenz.

3.4 Teilnehmende Beobachtung

Angehörige der Universität zu Köln waren während des Versuchszeitraumes in den Unterrichtsgruppen anwesend. Sie erhoben Oberflächenmerkmale des Unterrichtsverlaufes und protokollierten ihre Beobachtung mit Notizen, in Tabellen, in digitalen Fotografien und Videoaufnahmen. Dazu wurden im Vorfeld Einverständniserklärungen der Schülerinnen und Schülern, im Falle Minderjähriger auch die Einverständniserklärungen der Eltern eingeholt.

Für diese Aufgaben stehen an vielen Hochschulen, auch in Köln, mobile und stationäre Lösungen zur Videografie von Unterricht zu Verfügung. Im

vorliegenden Versuch sollten die Studierenden und Wissenschaftlern aber ausschließlich die gleichen Tablet-Computer nutzen, die auch den Schülern zu Verfügung stehen. Durch den überschaubaren Aufwand soll sichergestellt werden, dass andere Schulen diesen Versuch und seine Ergebnisse leicht reproduzieren können, ohne zusätzlichen apparativen Aufwand zu betreiben.

Die Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung decken sich mit den Aussagen aus den Lehrer-Interviews. Ein durch Beobachtung erkennbarer Unterschied zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe war, dass die Schülerinnen und Schüler der Versuchsgruppe dazu tendierten, während der gesamten Versuchszeit in ihren Kleingruppen zusammen zu arbeiten. Zu Beobachten waren regelmäßig Gruppen von 4-5 Schülern, die gemeinsam einen Versuch durchführten und aufzeichneten - zum Teil mit mehreren Tablet-Computern zugleich. Auch die Dokumentation geschah in den gleichen kleinen Gruppen. Dabei wurden sowohl nach Aussage der betreuenden Lehrer als auch nach teilnehmender Beobachtung Versuche häufig mehrfach so oft durchgeführt, bis ein Effekt sichtbar wurde und im Video deutlich herausgestellt werden konnte.



Abb. 12: Schülerinnen und Schüler der Versuchsgruppe experimentierten und dokumentierten vorwiegend in Gruppenarbeit.

Im Unterschied dazu notierten die Beobachter in der Kontrollgruppe, dass die Kleingruppen während der Versuchsdurchführung schnell zerfielen. Einzelne Lernende arbeiteten mit dem Material, andere standen passiv dabei oder entzogen sich der Gruppenarbeit ganz und wanderten durch den Klassenraum. In den Folgestunden war zu beobachten, dass die Erstellung der Protokolle häufig auf den Schultern einzelner Schülerinnen und Schüler ruhten.



Abb. 13: Eine einzelne Schülerin der Kontrollgruppe beim Erstellen der Dokumentation.



Abb. 14: SchülerInnen der Versuchsgruppe bei der Kontrolle der Video-Dokumentation im Teil 2 (Auftrieb). Es wurde beobachtet, dass SuS die Versuche so oft durchführten, bis ein Effekt eindeutig im Video zu sehen war.

4. Schlussfolgerungen

1. Während Versuch- und Kontrollklasse beide mit den gleichen Experimenten und Basis-Informationen gearbeitet haben und im Mittelwert das gleiche Ergebnis im Posttest erreichen konnten, ist die Streuung der Ergebnisse in der Klasse, in der mit Tablet-Computern gearbeitet wurde, kleiner als in der Kontrollgruppe. Dies ist konform mit Ergebnissen von US-Studien zur Einführung des iPads [12], die vor allem für eher leistungsschwacher SuS Vorteile durch die iPad Nutzung nachweisen konnten.
2. Der Tablet-Computer hat sich im vorliegenden Teilerperiment vor allem als ein Werkzeug zur Unterstützung der Kommunikation gezeigt. Es dient direkt oder indirekt dem Austausch von Ideen und Sichtweisen, und dem Verhandeln

eines gemeinsamen Lernproduktes. Die Veränderung der Gruppenarbeit durch den Einsatz des Tablet-Computer zeigte sich als vorrangig wirksamer Faktor.

3. Der Aufwand der Fachlehrer liegt bei diesem Konzept, das dem Stationenlernen entspricht, vor allem in der Vorbereitung. Während der Unterrichtsstunde hatten die Lehrer viel Zeit, um Beobachtungen zu machen, die in abschließenden Interviews mit der wissenschaftlichen Begleitung reflektiert werden können.
4. Die wichtigen Forschungsmethoden, die sich im Verlauf dieses Versuchsteils als nützlich zur Dokumentation der Interaktion und zur Aufklärung von Ursache und Wirkungszusammenhängen gezeigt haben, waren: Qualitative Interviews mit Lehrern, teilnehmende Beobachtung am Unterricht, Beobachtung von Schüler-Schüler Interaktion, Beobachtung der Aufgabenverteilung, Auswertung der Lernprodukte. Bei Anschlussuntersuchungen sollen die Anwendung dieser Methoden erhöhten Stellenwert erhalten. Die quantitative Erfassung des Lernzuwachses mit Hilfe von Multiple-Choice Tests bleibt ein wichtiges Werkzeug.
5. Das Ergebnis legt nahe, in Anschlussuntersuchungen die Bedeutung der Kommunikation für den Lernerfolg der Gruppen genauer zu analysieren.
6. Das Ergebnis legt nahe, für den Einsatz von Tablet-Computern im Naturwissenschafts-Unterricht Arbeitsformen zu nutzen, bei denen Gruppenarbeit und Gruppenkommunikation einen hohen Stellenwert haben. Dadurch kann der Tablet-Computer seinen Wert als Kommunikationswerkzeug ausspielen. Grundsätzlich ist dabei im vorliegenden Versuch kein Widerspruch zwischen reformpädagogischen Ansätzen und der Forderung nach effizienter Unterrichtsorganisation im Sinne von Hattie [7] zu erkennen. Die Informations- und Kommunikationsstruktur der Gesamtschule Reichshof ermöglicht das Verteilen klarer Aufgaben und Lernunterlagen, das zeitnahe Einfordern von Lernprodukten, und gleichzeitig den für alle Projektmethoden notwendigen Freiraum der Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte während der Bearbeitung.
7. Der Tablet-Computer ist nicht per se ein Werkzeug zur Automatisierung des Unterrichtes, oder zum Erreichen besonders hoher Schülerleistungen. Hier müssen intelligente und zielgruppenbezogene pädagogische Konzepte die Hauptrolle spielen. Empfehlenswert sind Unterrichtsmethoden, bei denen leistungsfähige Schülerinnen und Schüler

eine erhöhte Verantwortung für den Lernprozess und das Erstellen eines Lernproduktes übernehmen. Die Unterrichtskonzepte sollen sicherstellen, dass auch Spitzenleistungen von Schülerinnen und Schülern gefördert werden. Weitere Versuchsdurchgänge sollen hierzu optimale Konzepte entwickeln, erproben und bereitstellen.

8. Das Experimentieren mit Tablet-PC sorgt kurzfristig für eine verbesserte Gruppenarbeit und einheitlichere Lernvoraussetzungen. Diese Vorteile konnten mit der bisherigen Konzeption nicht für die langfristige Entwicklung (bis zum Post-2 Test) nutzbar gemacht werden. Zukünftige Konzeptionen sollen hier ansetzen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Konstruktion, zusammen mit Studierenden und erfahrenen Lehrkräften nach den Vorgaben des „Design Based Research Collective“ Innovationsprojekte für die Schule zu entwickeln und zu evaluieren hat sich als Tragfähig erwiesen:

- a) Mit dem Design und der Erprobung der Lernumgebung konnten zusammen mit den Studierenden aufschlußreiche Mikro-Theorien über das Lernen mit iPads entwickelt werden.
- b) Für einen weiteren Design-Zyklus konnten die wesentlichen Ziele und Methoden definiert werden. Die Kooperation zwischen Universität und Gesamtschule Reichshof hat sich bewährt.
- c) Durch Video-Protokolle der SuS, Fotografie und Video-Interviews sind alle Unterrichts-Abläufe für die Studierenden an der Hochschule einsichtig gewesen. Die Abläufe und Erfahrungen sind für Dritte gut dokumentiert und damit auf andere Zusammenhänge übertragbar.
- d) Die entstandenen Designs sind klar definiert und im Unterricht erprobt. Die Aktionen und Reaktionen der Prozessbeteiligten sind dokumentiert. Das entstandene Design, d.h. die Unterrichtsexperimente und Begleitmedien können in andere, auch internationale Kontexte übersetzt werden und Aktionen und Reaktionen leicht verglichen werden.
- e) Die Forschungsmethoden: Quantitative Erhebung der Kompetenzentwicklung, Leitfragengestützte Interviews, Teilnehmende Beobachtung und Auswertung der Video-Protokolle konnten den Verlauf des Unterrichtsversuches und die

Interaktionen der Betroffenen dokumentieren und trugen dazu bei, Ursache/Wirkungszusammenhänge aufzuklären. Die Beschränkung auf einfache und robuste Statistische Methoden zur quantitativen Auswertung hat sich als sinnvoll erwiesen, da mit den geringen Fallzahlen der Klassen gearbeitet wurde und eine Normalverteilung der Daten nicht angenommen werden kann.

Zur Umsetzung der Schlussfolgerungen in ein neues verbessertes Unterrichtskonzept soll das Potenzial kooperativer Lernformen untersucht werden. Beispielsweise können mit Hilfe eines Gruppenpuzzles [13] Expertisen festgelegt werden, die sich auch im Verlauf um bestimmte Aspekte des Planens, Experimentierens und der Dokumentation kümmern. Dies könnte eine Verbesserung sein, mit der leistungsfähige Schülerinnen und Schüler eine erhöhte Verantwortung für den Lernprozess und das Erstellen eines Lernproduktes übernehmen können.

6. Literatur

1. Combe, A., Kolbe, F. (2004): Lehrerprofessionalität: Wissen, Können und Handeln. In W. Helsper, J. Böhme (Hrsg.): Handbuch der Schulforschung (S. 833-851). Wiesbaden: Verlag der Sozialwissenschaften.
2. Huber, Ludwig (2009): Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: Huber, L.; J. Hellmer; F. Schneider (Hrsg.): Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld. S. 9-35.
3. Koch-Priewe, Barbara; Thiele, Jörg (2009): Versuch einer Systematisierung der hochschuldidaktischen Konzepte zum Forschenden Lernen. In: Roters, B.; Schneider, R.; Koch-Priewe, B. et al. (Hrsg.): Forschendes Lernen in Praxisstudien. Bad Heilbrunn: Klinhardt. S. 271-292.
4. Hoffmann, S.; Bresges, A. (2009): Reform der Lehrerbildung in der Physik für Grund-Haupt- und Realschullehrer durch das integrierte Lern-, Informations- und Arbeitskooperationssystem ILIAS an der Universität zu Köln. In: Nicolas Apostolopoulos (Hrsg.): E-Learning 2009: Lernen im Digitalen Zeitalter. Waxmann Verlag.
5. André Bresges, Stefan Hoffmann (2008): Learning by Teaching - Vorstellung des Neuen Lehr- Lernkonzeptes im Grundlagenmodul des GHR-Studiums (Physik) an der Universität zu Köln. In: Nordmeier, V.: (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008. Berlin: Lehmanns Media.

6. Bresges, A.; Schmoock, J.; Quast, A.; Schunke-Galley, J.; Weber, J.; Firmenich, D.; Beckmann, R. und Kreiten, M (2013): Einfluss des iPads als Lernwerkzeug beim Lernen an Stationen: Erste Zwischenergebnisse mit dem „Reichshofer Experimentierdesign“. In: Pallack, A. und Kracht, A (Hrsg): Unterrichten mit Tablet-Computern. (MINT-Themenspezial). MNU Verein zur Förderung des Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterrichtes, Seeberger Verlag Neuss 2013
7. Hattie, J.(2009): Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses relating to achievement. Routledge, London.
8. Design-Based Research Collective (2003): Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.
9. Berthold, C.; Christ, D.; Braam, G.; Haubrich, J.; Herfert, M.; Hilscher, H.; Kraus, J. & Möller, Chr. (2012):. Physikalische Freihandexperimente in 2 Bänden. Hallbergmoos: Aulis.
10. Kuhn, J. (2010): Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Vieweg+Teubner, Wiesbaden.
11. Tukey, J.: (1977): Exploratory data analysis. Addison-Wesley.
12. Johnson, L. & Adams, S., (2011). Challenge Based Learning: The Report from the Implementation Project. Austin, Texas: The New Media Consortium.
13. Renkl, A. & Beisiegel, S. (2003). Lernen in Gruppen (S. 35-37). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.