

Handlungsmanual

**Interaktive Praktikumsexperimente
für eine familienfreundliche
Hochschule**

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung an der eigenen Hochschule	3
2. Planung	7
3. Produktion	11
4. Postproduktion	14
5. Evaluation	16
5. Einsatz in digitalen Lernumgebungen	18

Impressum

Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
AG Nordmeier
Interaktive Praktikumsexperimente
Arnimallee 14
D- 14195 Berlin

Projekt-Homepage: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/projekte/ip>

1. Einführung an der eigenen Hochschule

Junge Studentinnen sind - im Falle einer Schwangerschaft - häufig gezwungen, das Studium aus zeitlichen und gesundheitlichen Gründen bis zum Ende der Stillzeit zu unterbrechen. Experimente in Laborfächern, bei denen häufig auch mit toxischen Präparaten hantiert wird, stellen für werdende Mütter zudem ein grundsätzliches Tabu dar. Für die genannte Zielgruppe hat die AG Didaktik der Physik der Freien Universität Berlin unter der Leitung von Prof. Volkhard Nordmeier online verfügbare, interaktive Praktikumsexperimente (IPE) entwickelt. Diese ermöglichen es, ohne toxische Belastungen und zeitlich flexibel, reale Experimente vom Heimarbeitsplatz aus virtuell durchzuführen. In Kooperation mit Lehrenden aus den Fachgebieten Chemie, Biologie, Veterinärmedizin und Physik wurden fotografische, interaktive Repräsentationen der jeweiligen Experimente auf Basis von Flash Movies entwickelt, die mittels Maus und Computer-Bildschirm direkt manipulierbar sind. Der Modul-Charakter der IPE ermöglicht es, diese virtuellen Experimente auch an andere Hochschulen zu exportieren und in jeweils spezifische Lehr-Kontexte zu integrieren. Die von der AG- entwickelten IPE können an anderen Universitäten frei genutzt werden. Alle dafür notwendigen Informationen finden sich auf der Projekt-Homepage unter der URL: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/projekte/ip> .



Da davon auszugehen ist, dass mit den hier entwickelten Experimenten nicht das gesamte Spektrum der an unterschiedlichen Universitäten üblichen Praktika abgedeckt wird, dokumentieren wir im Folgenden das prinzipielle Verfahren der Produktion und Integration von IPE in unterschiedliche Lehrkontexte. Dem Produktionsverfahren liegt das in der AG Nordmeier (Didaktik der Physik) seit über zehn Jahren entwickelte Konzept der Interaktiven Bildschirmexperimente (IBE) zugrunde. Im Gegensatz zu herkömmlichen Simulationen werden im IBE/IPE experimentelle Situationen und Abläufe mit digitaler Medientechnik dokumentiert und zu einem multimedialen Abbild des realen Experiments aufbereitet. Für die Integration von IPE an anderen Universitäten bietet sich die AG Nordmeier gerne als Kooperationspartner an.

Vor- und Nachteile fachgebietsspezifisch analysieren

Da es gegenüber dem Einsatz virtueller Experimente in der Lehre nach wie vor Vorbehalte gibt, empfehlen wir im Vorfeld einer Implementation, die Vor- und Nachteile solcher Systeme fachspezifisch - bezogen auf die konkreten Aktivitäten in den Praktika an ihrer Hochschule - zu analysieren. Damit gewinnen Sie wertvolle Argumente, die helfen, Türen zu öffnen. Dabei ist zu bedenken, dass die virtuellen Experimente nicht in jedem Fall das Mittel der Wahl sind. Aber es gibt eben auch zahlreiche Fälle, in denen das virtuelle Experiment deutliche Vorteile gegenüber dem Real-Experiment hat. So lässt sich zum Beispiel im virtuellen Experiment der Gel-Elektrophorese die Bewegung der Teilchen unter UV-Licht realitätsgetreu sichtbar machen, während eine Betrachtung im Real-Experiment zu Gesundheitsschädigungen führen würde.

Ein genereller Vorteil von Interaktiven Praktikumsexperimenten gegenüber dem Real-Experiment ist zum einen die Möglichkeit, zu Übungszwecken ein Experiment beliebig oft wiederholen zu können. Auf Grund der begrenzten Anzahl von Praktikumsplätzen können Studierende im Normalfall ein Real-Experiment in der Regel nur ein einziges Mal während ihres Studiums durchführen. Zum anderen können die IPE zeitlich und räumlich flexibel eingesetzt werden, was für die Zielgruppe der schwangeren und stillenden Studentinnen ein erheblicher Vorteil ist, da diese damit die Arbeit an einem Experiment flexibel in ihren individuellen Tagesablauf integrieren können. Und der dritte wesentliche Vorteil von IPE liegt darin, dass toxikologisch problematische Experimente ohne jegliche Gefahr für Leib und Leben durchgeführt werden können. In vielen Praktika gibt es

Experimente, die aus gesundheitlichen Gründen von Schwangeren und Stillenden nicht durchgeführt werden dürfen. Das IPE bietet in einem solchem Fall die einzige Möglichkeit das Studium auch während Schwangerschaft und Stillzeit fortzusetzen.

Als Ergänzung der realen Praktika anbieten, nicht als Ersatz

Natürlich ist es erforderlich, dass Studierende z.B. in der Chemie in der Lage sind, eine Pipette zu führen, Gefäße rückstandsfrei zu reinigen, am Geruch festzustellen, in welcher Phase des Experimentes sie sich gerade befinden usw... Hier liegt eine klare Begrenzung des virtuellen Experiments. Denn die Komplexität solcher sensorischer Qualitäten lässt sich digital nur sehr begrenzt abbilden und interaktiv vermitteln. Insofern sind Interaktive Praktikumsexperimente auch immer nur als eine Ergänzung zum realen Praktikum anzusehen. Das Einüben des sicheren Umgangs mit den realen Objekten im Labor, das Voraussetzung für jede professionelle Qualifikation im Laborbereich ist, können und wollen sie nicht ersetzen. Prinzipiell bieten IPE aber durch den Einsatz professioneller Foto-, HDTV-Video- und Audiotechnik sowie die auf das Experiment bezogene Programmierung der Benutzerschnittstelle weitgehende Realitätstreue. Studierende können durch die Arbeit mit der virtuellen Repräsentation des realen Experiments jederzeit und beliebig oft gewonnene Erkenntnisse reflektieren und auffrischen oder je nach Aufgabenstellung auch neue Erkenntnisse gewinnen. Die virtuellen Experimente sind also eine hilfreiche Ergänzung der realen Experimente. Im Falle der Nutzung der IPEs für die Zielgruppe der stillenden und schwangeren Studentinnen halten wir einen Kompromiss für sinnvoll, der es einerseits den Studentinnen ermöglicht, das Studium ohne Unterbrechung fortzusetzen und der andererseits mit dem Verzicht auf die unmittelbaren Erfahrungen im realen Experiment einhergeht. Ein solcher Kompromiss ist nach Tulodziecki dann gerechtfertigt, wenn "aufgrund des bisherigen Lebens- und Bildungsweges bereits unmittelbare Erfahrungen zu einem Wirklichkeitsbereich vorliegen " (Quelle: Tulodziecki, Gerhard; Herzig, Bardo: Handbuch Medienpädagogik - Mediendidaktik (Band 2). Stuttgart: Klett-Cotta, 2004, S. 16). Oft ist es für die Studentinnen sogar möglich, ungefährliche Teile des Experiments real kennenzulernen, bevor sie den gefährlichen Teil des Experiments am IPE durchführen.

Direkte Kontakte zu medienaffinen Lehrstühlen suchen

Interaktive Praktikumsexperimente top-down, d.h. allein von der Universitätsleitung gegenüber den Fachbereichen zu verordnen oder über die offiziellen Kommunikationswege der Universitätsverwaltung voranzubringen, erscheint - zumindest bei großen Universitäten wie der Freien Universität Berlin - als ein nicht zielführendes Vorgehen. Gute Erfahrungen haben wir damit gemacht, direkten Kontakt zu Lehrstühlen aufzunehmen, von denen bekannt war, dass sie mediengestützte Formen der Lehre bereits praktizieren. In Gesprächen mit diesen Experten lässt sich sehr präzise analysieren, wo konkrete Bedarfe liegen und welche spezifischen Widerstände ggf. überwunden werden müssen, damit auch andere Kolleginnen und Kollegen und die jeweiligen Instituts- und Fachbereichs-Leitungen ein solches Vorhaben als Gewinn wahrnehmen und nicht als Bedrohung einer anspruchsvollen Lehre. Durch diese direkten Kontakte mit Expertinnen und Experten des jeweils eigenen Fachbereichs lassen sich konkrete Beispiele identifizieren, die geeignet sind, auch skeptische Kolleginnen und Kollegen vom konkreten Nutzen der IPE zu überzeugen.

Enge Verbindung halten zu Lehrenden und Lernenden

Um die Produktion einzelner IPE erfolgreich umzusetzen, empfehlen wir, über den gesamten Produktionsprozess hinweg einen engen Kontakt zu den Lehrenden und ihren Studierenden zu halten, die das jeweilige Experiment innerhalb ihres Praktikums durchführen. Nicht nur nach den ersten Planungsschritten, wie der Erstellung des Storyboards oder der Definition interaktiver Elemente, sondern über den gesamten Produktionsprozess hinweg haben wir nach einzelnen Entwicklungsfortschritten Fokusgruppen gebildet, in denen die zukünftigen Nutzer/innen der IPE zum jeweils aktuellen Entwicklungsstand unmittelbar Feedback geben konnten. Damit konnte sichergestellt werden, dass das jeweilige IPE optimal auf die Anforderungen im Praktikum zugeschnitten ist. Bei diesen Treffen sollte jedoch gleichfalls darauf insistiert werden, dass das IPE als eigenständiges multimediales Modul betrachtet wird, das universell in unterschiedlichen Lehrkontexten eingesetzt werden kann. Das hat für die Umsetzungspraxis vor allem die Konsequenz, dass Skripte und Aufgabenstellungen zur Lehrveranstaltung und das Experiment als Modul konsequent getrennt behandelt werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass ein einzelnes Experiment von unterschiedlichen Lehrenden in ihren jeweils spezifischen Lehrkontexten eingesetzt werden kann. Es ist unsere Erfahrung, dass Lehrende sehr großen Wert darauf legen, ihr jeweils eigenes Skript zu nutzen.

Dort, wo eine inhaltliche Verbindung von Skript und Experiment unvermeidbar ist, wurden editierbare Text- oder Audio-Elemente verfügbar gemacht, die über eine zweite Datei im XML-Format, die dem eigentlichen Modul hinzugefügt wird, von den jeweiligen Lehrenden angepasst werden können.

2. Planung

Storyboardstruktur

Da bereits kleine Änderungen in den Anforderungen an ein IPE oft sehr aufwändige Konsequenzen hinsichtlich Programmierung und Aufnahmen zur Folge haben, ist eine detaillierte Planung Grundvoraussetzung für jede IPE-Produktion. Im Folgenden soll deshalb die Struktur der Storyboards beschrieben werden, die als Grundlage dienen für die Produktion eines IPE. Zunächst unterscheiden wir zwei unterschiedliche Produktionsverfahren: Das erste ist eng angelehnt an das Konzept der Interaktiven Bildschirmexperimente (IBE), die vorrangig mit fotografischen Verfahren hergestellt werden. Hier stehen die bildliche Anordnung aller Elemente sowie die Beschreibung und Anordnung der jeweils interaktiven Elemente im Mittelpunkt. Ein zweites Produktionsverfahren, das insbesondere bei chemischen und biochemischen Experimenten eine Rolle spielt, integriert zeitbasierte Prozesse durch Videoaufzeichnungen einzelner Ereignisse innerhalb eines Experiments.

Standardmäßig nutzen wir die folgende Struktur zur Beschreibung der zu produzierenden Experimente, alle Inhalte werden durch fotografische Aufnahmen der jeweiligen Objekte dokumentiert:

1. Versuchsaufbau

2. Bedienelemente

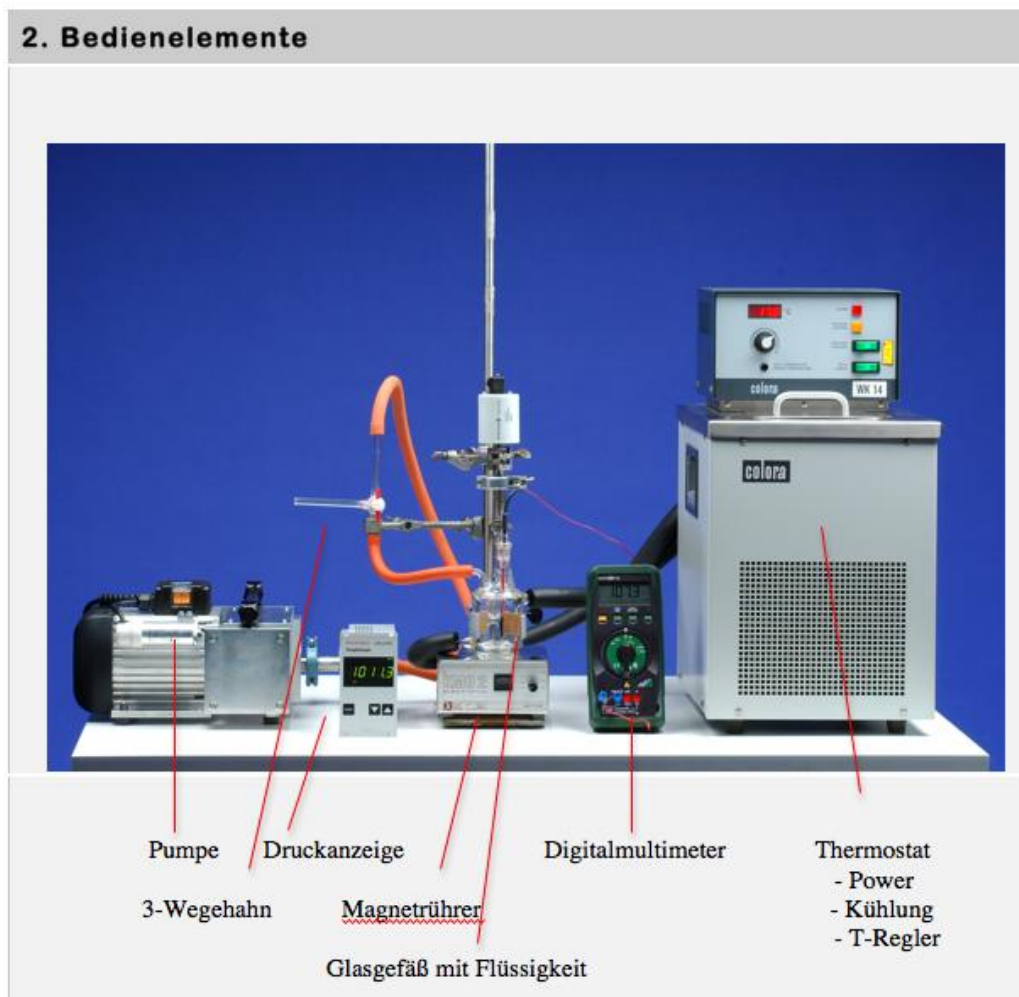
3. Anfangszustände

4. Verhalten des Experiments

5. Vergrößerung einzelner Details

Im Falle des Einsatzes von Video in einem IPE fassen wir die Punkte 3 und 4 zusammen zum Punkt „Abfolge“, in dem die zeitliche Anordnung analog zum klassischen Storyboard der Filmindustrie ausgeführt wird. Schlüsselbilder und ihr interner Aufbau werden chronologisch abgebildet und in einer zweiten Spalte erläutert.

Im Abschnitt 1 eines IPE-Storyboards (Versuchsaufbau) bekommt man bereits einen recht genauen optischen Eindruck vom zukünftigen Experiment. Lehrende, die dieses einsetzen wollen, können hier bereits auf einen Blick sehen, ob alle wesentlichen Elemente des Experiments vorhanden sind. Im Abschnitt 2 (Bedienelemente) werden alle interaktiven Elemente gekennzeichnet, um kenntlich zu machen, welche der abgebildeten Elemente und Objekte vom



zukünftigen Nutzer interaktiv bedient werden können und welche nicht. Für die Programmierung ist der Zustand von großer Bedeutung, in dem sich das Experiment zu Beginn befindet, da bei einer Nichtbeachtung dieses Zustands viele unvorhergesehene und unerwünschte Effekte auftreten können. Im dritten

Abschnitt des IPE-Storyboards werden deshalb die Anfangszustände jedes einzelnen Bedienelements detailgenau beschrieben. Im vierten Abschnitt (Verhalten des Experiments) werden die konkreten Effekte für jedes einzelne Bedienelement und deren Abhängigkeit und Zusammenwirken mit den jeweils anderen Bedienelementen beschrieben. Prinzipiell achten wir hier darauf, dass die Komplexität der Möglichkeiten überschaubar bleibt, um den Programmieraufwand in Grenzen zu halten. Im Falle höherer Komplexität bietet es sich häufig an, zwei Varianten eines Experiments zu produzieren, mit denen jeweils unterschiedliche Aspekte erarbeitet werden können. Der letzte Teil jedes IPE-Storyboards enthält Fotos von den Details, die im Experiment notwendigerweise auch als Vergrößerung verfügbar gemacht werden sollen. Erst wenn das fertige IPE-Storyboard mit den beteiligten Lehrenden ausführlich besprochen und von ihnen akzeptiert wurde, geht es daran, das eigentliche IPE zu produzieren.

Test-Aufbau

Im Zuge der Beschreibung des Experiments im Storyboard wird auch der Testaufbau des Experiments vorgenommen, der die Möglichkeit bietet, Anordnung, Bildhintergrund und Lichtverhältnisse spezifisch für die Darstellung am Computer-Monitor zu optimieren. Da, wo es möglich ist, kann das im digitalen Foto-Labor der AG Nordmeier vorgenommen werden. Wenn erforderlich, sind wir aber auch in der Lage, die Aufnahmen mit mobilem Aufnahme-Equipment vor Ort im Labor zu realisieren. Dies ist allerdings insgesamt mit einem deutlich höheren Arbeitsaufwand verbunden.



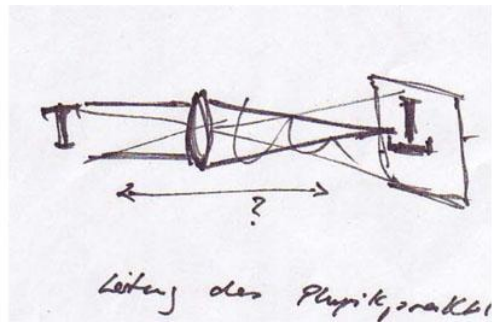
Bildanalyse

Im Zuge des Test-Aufbaus werden erste Fotos vom Experiment genommen, die unmittelbar am Monitor beurteilt werden, um die optimale Ausleuchtung und Positionierung der experimentellen Komponenten herauszufinden.

Bedienelemente sollten leicht zugänglich (für die Maus am Bildschirm, wie für die Hand im Real-Experiment) und gut sichtbar sein, geeignete Hintergrundflächen im Bild zur Positionierung erforderlicher vergrößerter Bildausschnitte müssen verfügbar sein. Farbe und Ausleuchtung sollten so gehalten sein, dass es leicht fällt die Aufmerksamkeit auf die relevanten Elemente des Experiments zu richten. Die Bildgestaltung orientiert sich dabei grundsätzlich an den Kriterien des natürlichen Bildverstehens.

Durchspielen verschiedener Zustände des Experiments

Um für die eigentlichen Aufnahmen vorbereitet zu sein, werden die verschiedenen Zustände, Schalterstellungen und Bediensituationen exemplarisch durchgespielt und über Test-Fotos ausgewertet. Hier ist wesentlich, dass sich bei Veränderung einzelner Zustände die Lichtverhältnisse nicht soweit verändern, dass z.B. Serienaufnahmen von bestimmten Abläufen nicht mehr übergangslos dargestellt werden können.



Abstimmung des Storyboards mit den beteiligten Lehrenden

Nachdem die Testaufnahmen genommen und im Storyboard zu einer schlüssigen Beschreibung des Gesamt-Experiments zusammengestellt wurden, werden diese mit den beteiligten Lehrenden durchgesprochen, um eventuellen Verbesserungsbedarf auszumachen. Bevor es dann an die eigentliche Produktion des IPE geht, werden alle notwendigen Verbesserungen in das Storyboard eingearbeitet und den Beteiligten als Schlussversion vorgelegt. Der Produktionsprozess richtet sich von nun an buchstabengetreu nach dem sorgfältig zusammengestellten IPE-Storyboard.

3. Produktion

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau wird analog zum bereits beschriebenen testweisen Aufbau des Experiments vorgenommen. Nur die Elemente, die wirklich am Bildschirm von Bedeutung sind, sollen im Bildausschnitt erscheinen. Alle im Storyboard gegebenen Anweisungen sind zu befolgen.

Beleuchtung

Die Beleuchtung spielt in der Aufnahmesituation eine ganz zentrale Rolle. Insbesondere, wenn Serienaufnahmen (Stop-Motion-Animation) notwendig sind, sind konstante Lichtverhältnisse sicherzustellen. Alle denkbaren Positionen eines verschiebbaren Objektes zum Beispiel müssen einzeln und nacheinander aufgenommen werden. Wenn nur bei einer einzigen dieser Aufnahmen eine kleine Änderung in den Lichtverhältnissen auftaucht, ist im Prinzip die gesamte Serie von Fotos unbrauchbar. Voraussetzung für konstante Lichtbedingungen ist eine vollständige Abdunkelung des Raumes, um das sich ständig verändernde

Tageslicht abzuschirmen. Die eigentliche Beleuchtung erfolgt dann mit professionellen Filmleuchten und entsprechendem Zubehör.



Kamerapositionierung

Die Position der Kamera ist genau so einzustellen und zu fokussieren, dass einerseits alle relevanten Elemente des IPE gut positioniert im Bild erscheinen und andererseits Beleuchtungsanlagen, Mikrofon und ggf. zweite Kamera nicht in den Bildausschnitt hineinragen. Insbesondere bei Video-Aufzeichnungen ist in der Regel eine zweite Kamera erforderlich, die die Ausschnittsvergrößerungen synchron zur eigentlichen Aufnahme aufzeichnet.



Video - Synchronität

Bereits bei der Aufnahme wird durch die Verwendung von SMPTE-Timecode sichergestellt, dass mit mehreren Kameras synchron aufgenommene Passagen zeitlich eindeutig identifizierbar sind. Andernfalls verschafft man sich enormen Arbeitsaufwand in der Postproduktionsphase.

Audio

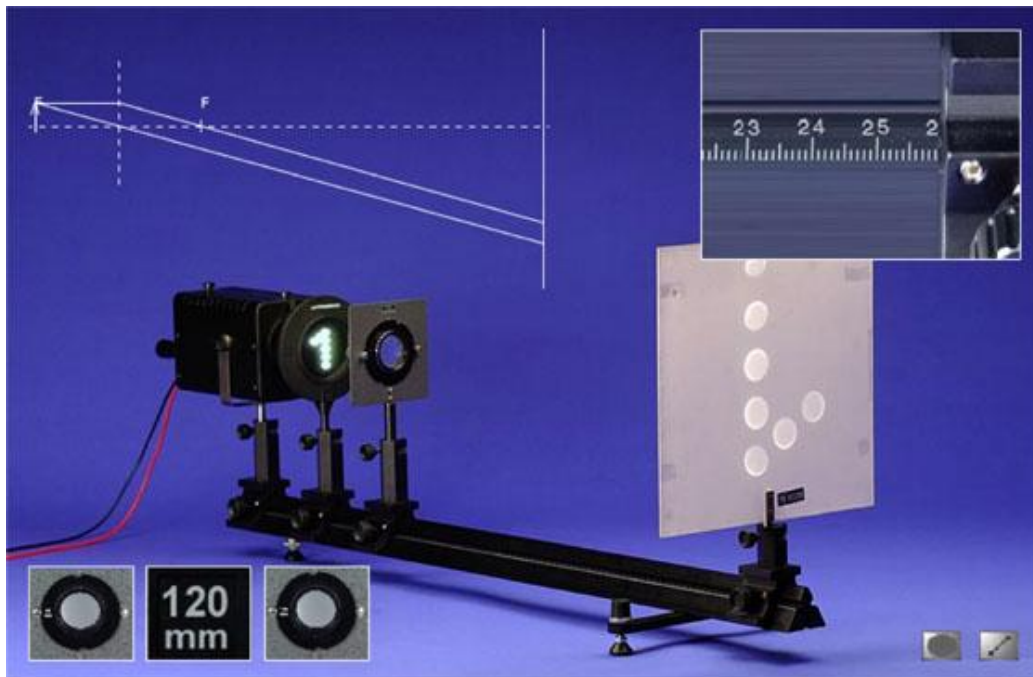
Interaktive Praktikumsexperimente wirken sehr viel authentischer, wenn sie mit realistischen Geräuschen hinterlegt sind, die in der jeweiligen Laborsituation entstehen. Deshalb empfiehlt es sich, sowohl Atmosphärengeräusche des Labors als auch die Geräusche, die auf Grund der verschiedenen Interaktionen und Manipulationen am Experiment entstehen, mit aufzuzeichnen. Die Aufzeichnung erfolgt dann entweder direkt über die eingesetzten Kameras oder auch über abgesetzte digitale Audiorecorder, die über den Timecode synchronisierbar sind.

Genügend Zeit einplanen

Die Aufnahmesituation ist in der Regel das zeitlich aufwendigste Einzel-Event während des Produktionsprozesses. Die hier beschriebenen Aufgaben nehmen immer deutlich mehr Zeit in Anspruch als ursprünglich gedacht. Wir haben häufig

Arbeitsphasen bis in die Nachtstunden im Labor verbracht, bis alle Aufnahmen planungsgemäß „im Kasten“ waren.

4. Postproduktion



Fotos konvertieren und formatieren

In der Postproduktion wird zunächst das gesamte Bildmaterial auf ein einheitliches, auf die Online-Publikation angepasstes Format konvertiert, bevor dieses dann auf Basis der Multimedia-Entwicklungsumgebung Flash zum eigentlichen IPE zusammengebaut wird.

Videos synchron auf einheitliches Format bringen

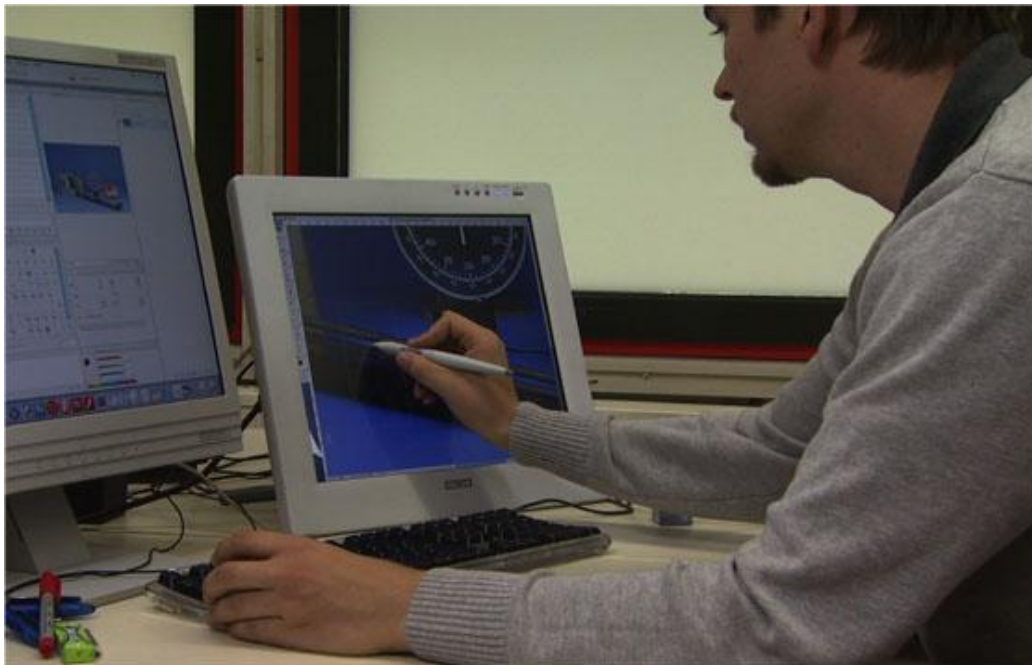
Auch Videos werden in ein einheitliches internetfähiges Ausgabeformat (flv-Video) konvertiert und die Aufnahmen, die in der Totalen gemacht wurden, synchron gehalten mit den Aufnahmen, die Vergrößerungen einzelner Elemente des Experiments wiedergeben. Die Bearbeitung des Rohmaterials und die Encodierung erfolgen über professionelle Bearbeitungsplätze für den nichtlinearen Videoschnitt.

Audios in Bibliothek anlegen

Alle relevanten Audio-Aufnahmen werden in das mp3-Format konvertiert und in der Medien-Bibliothek für die Weiterverarbeitung abgelegt.

Hintergrundbild anlegen und Hotzones definieren

Die fotografische Abbildung des gesamten Versuchsaufbaus des Experiments bildet den Hintergrund der Produktion, die vor diesem Hintergrund mit Interaktivität angereichert wird. Dazu werden die Bedienelemente des Experiments als sogenannte "Hotzones" definiert.



Actionscript-Programmierung

Mit der Actionscript-Programmierung in Flash wird, bezogen auf die einzelnen Hotzones des IPEs, die jeweils erforderliche Interaktivität realisiert.

Einbinden eines Preloaders

Nach Fertigstellung des IPEs wird ein sogenannter Preloader geschrieben, der sicherstellt, dass – bevor das Experiment beim Endnutzer im Internet-Browser angezeigt wird – alle dazugehörigen Daten vollständig lokal geladen werden. Dies ist von großer Bedeutung insbesondere für Nutzer/innen, die über keine breitbandige Internetverbindung verfügen.

5. Evaluation

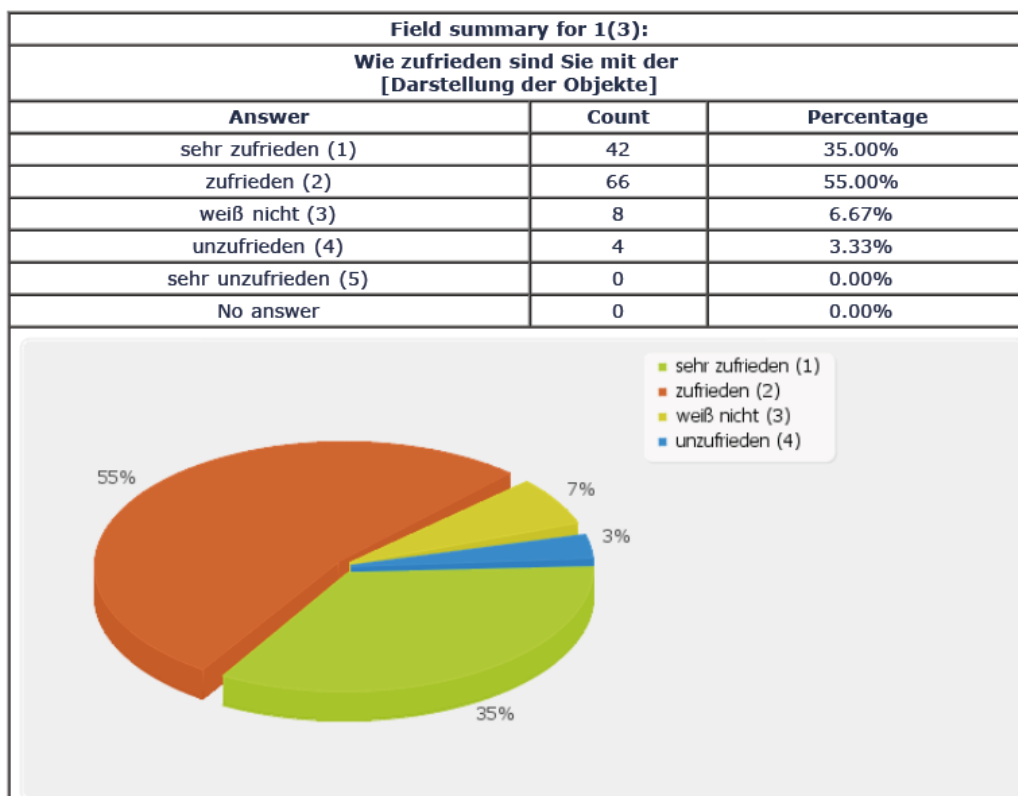
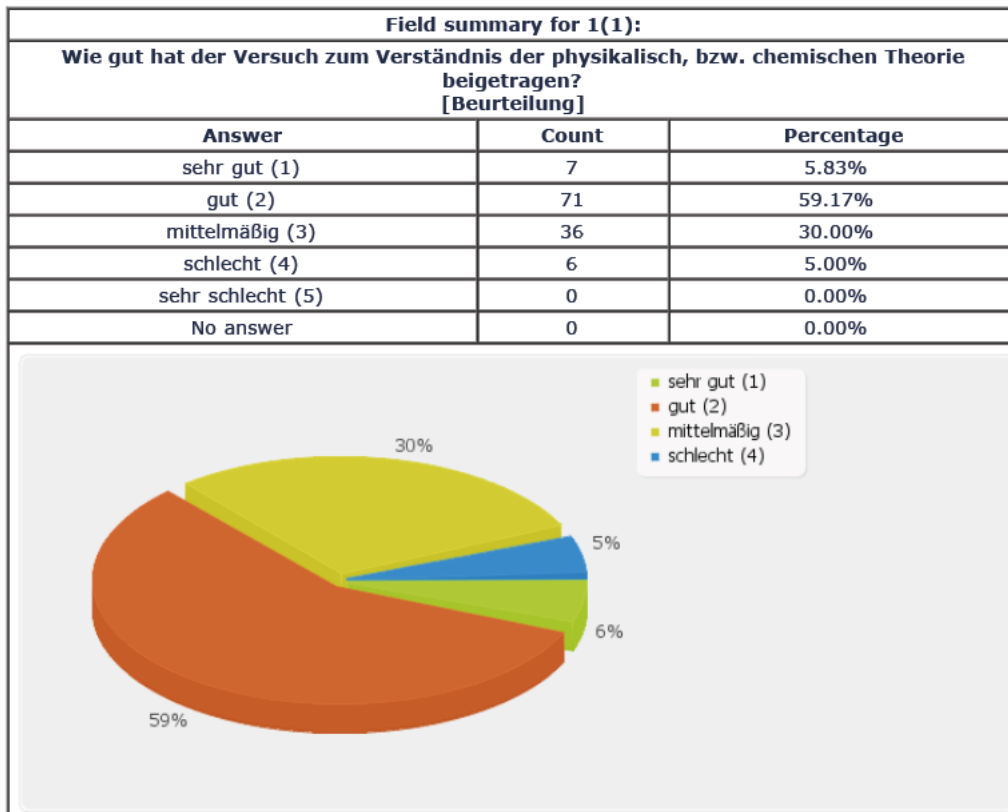
Um sicherzustellen, dass ein IPE in seinem jeweiligen Einsatzkontext tatsächlich seinen Zweck erfüllt, empfehlen wir, Daten zu erheben, aus denen sich Aussagen zur Zufriedenheit oder Unzufriedenheit der Nutzer/innen mit dem jeweiligen IPE ableiten lassen. Für die Erhebung entsprechender Daten nutzen wir einen Online-Fragebogen, der auch online ausgewertet werden kann. In diesem Fragebogen haben wir Items zu folgenden Themenbereichen erfasst:

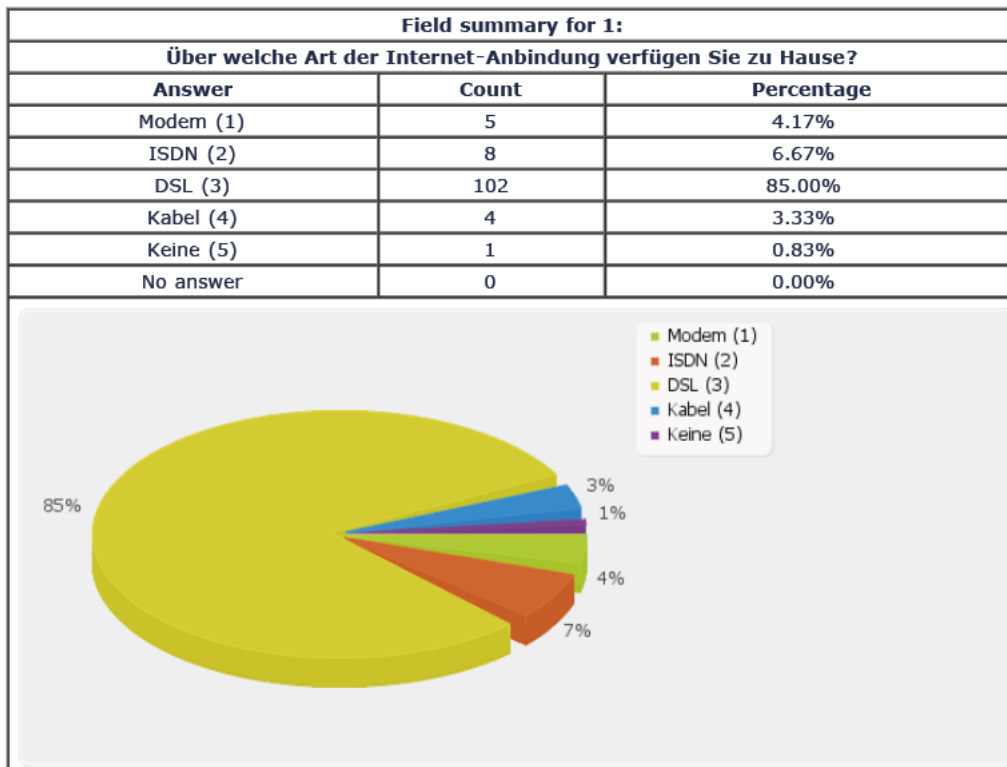
1. Lernziele
2. Nutzerführung
3. Gestaltung
4. Verfügbarkeit
5. Vergleich zum Realexperiment

Der vollständige Fragebogen kann online eingesehen werden unter der URL:

<http://forschung.mediendidaktik.org/index.php?sid=66563&lang=de>

Im Folgenden einige exemplarische Ergebnisse aus der Befragung von 120 Studierenden, die das Dampfdruck-Experiment im Praktikum genutzt haben.





6. Einsatz in digitalen Lernumgebungen

Die im hier beschriebenen Verfahren hergestellten Interaktiven Praktikumsexperimente können in allen üblichen webbasierten Lernumgebungen genutzt werden (Moodle, Blackboard, Ilias, StudIP, usw.). Auch der Einsatz auf individuell gestalteten Homepages ist möglich. Ein IPE wird in der Regel als einzelne SWF-Datei ausgeliefert. Um sprachlich unabhängig zu bleiben und um Lehrenden individuelle Möglichkeiten zu geben, im IPE enthaltene Textinformationen zu gestalten, verfügen einige IPE über eine zusätzliche XML-Datei, die in der jeweiligen Lernumgebung im gleichen Verzeichnis abgelegt werden muss wie das eigentliche SWF-File. Aufgerufen wird das IPE durch eine dritte Datei, die ebenfalls im gleichen Verzeichnis liegen muss: den Preloader. Bei einigen Learning Management Systemen, wie z.B. Blackboard ist ein kurzes zusätzliches Skripting erforderlich, um XML-Datei und Preloader zu integrieren. Dies stellt für den Administrator des jeweiligen Systems in der Regel kein Problem dar.

Recently Bookmarked YouTube - 18. Wie v... mekonet - Wie beur... ni7_laufen study.log Englische Bewerbun... Booki Tungle.me - Schedul... Evernote Web

Blackboard Academic Suite

FUe-Learning powered by

Home Hilfe Abmelden

FAQ Lehrende FAQ Studierende

Mein Campus Kurse Community Content Collection Information

INTERAKTIVE PRAKTIKA

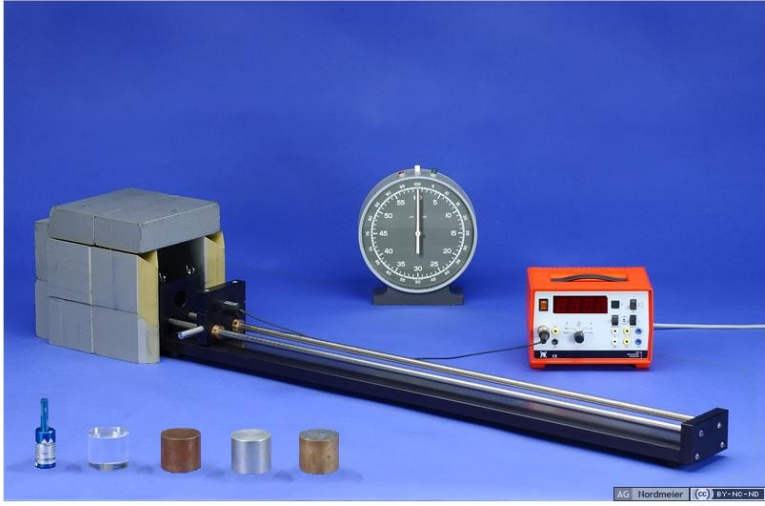
- Chemie
 - Dampfdruck
 - Radiochemie
- Veterinärmedizin
 - β -Carotin
 - Gelelektrophor.
- Physik
 - Radioaktivität 1
 - Radioaktivität 2
 - Radioaktivität 3
- Biologie
 - Mikroskopie 1
 - Mikroskopie 2
 - Mikroskopie 2a
 - Mikroskopie 3
 - Mikroskopie 4

Kursübersicht

Steuerungsfenster

Aktualisieren

Detailansicht



Messen der Strahlung vor einem durch Absorberplatten (Plexiglas, Kupfer, Aluminium, Blei) abgeschirmten Präparats (Absorption)

AG Nordmeier (cc) BY-ND-ND

Fertig

zotero

Interessierte Hochschulen oder Projekte im Hochschulumfeld sind herzlich eingeladen, sich bei uns weitergehenden Rat zu holen. Wir stehen auch gerne als Kooperationspartner für Ihr IPE-Rollout zur Verfügung.

AG-Nordmeier, 2010