

Schülerlabor Sensoren
Schülerexperimentierlabor zum Thema
Vielfalt der Sensoren

Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung
für das Lehramt an Realschulen

Eingereicht von Christoph Joa-Giegerich
im März 2010
am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik

Betreut von
Prof. Dr. Thomas Trefzger
und
AR Matthias Völker.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Schülerlabore	6
2.1. Zielgruppen.....	6
2.2. Ein Tag im Schülerlabor.....	9
2.3. Wirksamkeitsstudie.....	10
3. Einordnung in den Lehrplan	12
4. Physikalische Grundlagen	16
4.1. Totalreflexion.....	16
4.2. Funktionsweise eines Regensensors.....	20
4.3. Infrarotstrahlung.....	24
4.4. Induktion.....	28
5. Das Schülerlabor Sensoren	31
5.1. „induktive Sensoren“.....	33
5.2. „passive Infrarotsensoren“.....	39
5.3. „Der Regensensor“.....	44
5.4. Organisation des Schülerlabors.....	48
6. Auswertung	55
6.1. Auswertung der neunten Klasse der Realschule.....	56
6.2. Auswertung der zehnten Klasse des Gymnasiums.....	63
6.3. Auswertung der zehnten Klasse der Realschule.....	71
6.4. Auswertung der neunten Klasse des Gymnasiums.....	78
6.5. Zusammenfassung und Vergleich der einzelnen Klassen.....	85
7. Fazit	109
8. Anhang	111
8.1. Schülerhandout.....	112
8.2. Betreuerhandout.....	137

8.3. Anmeldebogen.....	160
8.4. Checklist zur Organisation eines Schülerlabors.....	161
8.5. Fragebogen.....	162
8.6. Werbeflyer.....	169
9. Literaturverzeichnis.....	170
10. Abbildungsverzeichnis.....	171

1. Einleitung

In dieser Arbeit soll die Entstehung, die Überarbeitung, die Durchführung und die Auswertung eines Schülerlabors vorgenommen werden, dass sich mit dem weiten Feld der Sensoren befasst. Es wird zudem ein Zeitplan erstellt, der die Organisation künftiger Labore erleichtern soll.

Zu Beginn soll jedoch zunächst geklärt werden, was ein Sensor überhaupt ist. Der Begriff Sensor leitet sich vom lateinischen Wort „sentire“ ab, was auf deutsch soviel bedeutet, wie „fühlen“ oder „empfinden“. „Sensus“ gehört zum gleichen Wortstamm und kann mit „Sinn“ übersetzt werden. Dem Menschen werden im Allgemeinen 5 Sinne zugeschrieben. Er kann hören, sehen, schmecken, riechen und fühlen. In diesen Fähigkeiten haben wir uns in idealer Weise an die natürliche Umgebung angepasst, in der wir leben. Diese Anpassung und Spezialisierung hat aber auch dazu geführt, dass der Mensch Fähigkeiten verloren hat, die sich in der Tierwelt noch finden lassen. Als klassisches Beispiel sei nur kurz der Hund erwähnt, der wesentlich sensibler hört und riecht als der Mensch. Er kann Frequenzen wahrnehmen die weit außerhalb unseres Hörbereiches liegen und erkennt minimale Konzentrationen von Geruchspartikeln. Dafür ist aber sein Geschmackssinn deutlich schlechter ausgeprägt, als der eines Menschen. Dieser kurze Vergleich soll zeigen, dass sich alle Lebewesen in einer für sie optimalen Weise an Umweltbedingungen angepasst haben und so eine Spezialisierung der Sinne stattgefunden hat. Man kann aber auch schon erkennen, dass der Mensch bei Weitem nicht in der Lage ist alles wahrzunehmen, was um ihn herum geschieht.

Genau an dieser Stelle kommen Sensoren zum Einsatz. Es gilt nun zunächst zu klären, was ein Sensor genau macht. Je nach Anwendungsbereich findet man unterschiedliche Definitionen von Sensoren. Die umfassendste Definition von Sensor ist folgende:

„Ein Sensor ist ein Bauteil, das physikalische oder chemische Signale aus der Umwelt erfasst und in ein elektrisches Signal umwandelt“

(vgl. 3.a.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sensor>). Man sieht hier, dass der Sensor gleich zwei Aufgaben erfüllen muss, er muss ein Signal detektieren und in elektrische Impulse umsetzen. Im Einführungsvortrag für die Schüler wurde diese Definition durch eine Grafik, entsprechend Abb. 1, verdeutlicht.

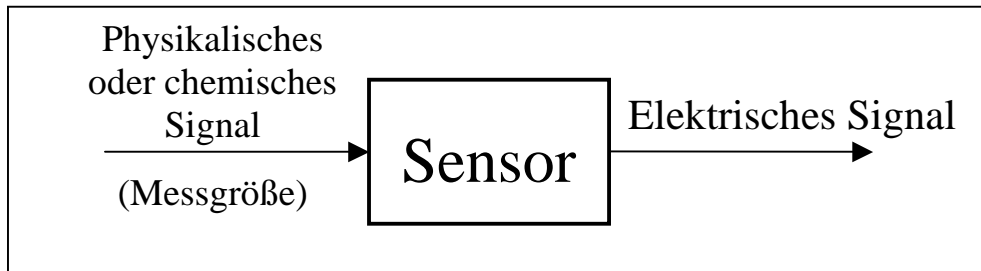


Abb. 1 Schemadarstellung der Arbeitsweise eines Sensors

Dabei wird der Sensor bewusst als eine Art „Blackbox“ dargestellt, um möglichst allgemein zu bleiben. Die genaue Funktionsweise verschiedener Sensoren wird von den Jugendlichen im Verlauf des Schülerlabors selbstständig erarbeitet. Die Schüler und Schülerinnen lernen im vorliegenden Labor verschiedene induktive Sensoren und unterschiedliche passive Infrarotsensoren kennen. Außerdem wurde ein sehr spezieller Sensor, der Regensensor am Auto, als zusätzliche Station in das Labor integriert.

Im folgenden Abschnitt soll kurz erklärt werden, was ein Schülerlabor ist, an wen es sich richtet, wer alles Vorteile durch ein Lernlabor hat, wie ein Besuch dort ablaufen könnte und, ob es lerntheoretisch sinnvoll ist, eine derartige Einrichtung zu besuchen.

2. Schülerlabore

Ein wesentlicher Kritikpunkt an naturwissenschaftlichem Unterricht ist oft, dass ein Alltags- oder Anwendungsbezug nahezu vollständig fehlt. SchülerInnen stellen sich oft zurecht die Frage: „Wozu brauche ich das?“ Im Fach Physik hört man gerne die Aussage der Lehrer, dass ein bestimmtes Phänomen Anwendung in der Technik findet, aber wie dieser Transfer vom theoretischen Wissen in die Realität genau abläuft, bleibt oft unklar. Auch die Durchführung von Experimenten im Unterricht, ein Privileg der Naturwissenschaften, kann oftmals nicht ihr volles Potential ausschöpfen. SchülerInnen zu begeistern, zum Staunen zu bringen oder zum Nachdenken über das Experiment oder eigene (Fehl-) Vorstellungen anzuregen, gelingt leider viel zu selten, weil aus Zeitmangel, Bequemlichkeit oder anderen Gründen die Durchführung dem Lehrer vorbehalten bleibt. SchülerInnen werden zu Zuschauern und nicht zu Erlebenden. Um Jugendlichen die Möglichkeit zu geben, Physik, Mathematik, Biologie, oder Chemie sozusagen hautnah zu erleben, haben sich Universitäten, Forschungseinrichtungen, Science-Center, und Industriebetriebe zusammengeschlossen und bieten heute bereits über 200 verschiedene Schülerlabore an (vgl. 2.a.: Hillebrandt / Dähnhardt, Naturwissenschaft und Nachwuchs gehen ein Stück des Weges gemeinsam). Lehrer haben dann die Möglichkeit diese mit ihren Klassen zu besuchen. Es findet für die Klasse also eine Exkursion an einen außerschulischen Lernort statt. Alleine diese Tatsache weckt bereits bei einigen SchülerInnen das oftmals geringe Interesse an Naturwissenschaften.

2.1. Zielgruppen

Wie bereits gesehen, richten sich Schülerlabore vor allem an SchülerInnen und deren Lehrkräfte. Für welche Jahrgangsstufe oder welchen Schultyp ein Labor geeignet ist, hängt von jedem einzelnen Schülerlabor selbst ab. Es gibt bereits Labore für Grundschulen, Hauptschulen, Realschulen und Gymnasien, aber auch integrative Schülerlabore, die an Klassen adressiert sind, in denen zum Teil Kinder mit Lernbehinderungen unterrichtet werden. Auch die Entwicklung eines Lernlabors für Kinder im Kindergartenalter wird aktuell durchgeführt. Die Zielgruppe eines Schülerlabors muss jedoch bereits vor dessen Erstellung bekannt sein, um sich sowohl bei der Komplexität der Versuche, als auch beim Anfertigen der Versuchsanleitungen und bei der Gestaltung des Ablaufes an dieser orientieren zu können. Das Schülerlabor, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt werden soll, richtet sich an 9. und 10. Klassen an Realschulen und Gymnasien. Ob und wie gut die Abstimmung auf diese Altersklasse gelungen ist, wird die Auswertung später zeigen.

Für SchülerInnen bietet eine derartige Einrichtung die Möglichkeit, außerhalb der Schule unmittelbar Erfahrungen mit Naturwissenschaften zu sammeln und Versuche selbst durchzuführen, wobei sie selbst das Tempo vorgeben können. So kann den SchülerInnen eine häufige Arbeitsweise von Naturwissenschaften, das Try-and-Error-Verfahren, näher gebracht werden. Sie lernen dabei auch, sich selbständig mit Problemstellungen auseinanderzusetzen und ihr eigenes Vorgehen zu überdenken, falls ein Versuch nicht die gewünschten Ergebnisse zeigt.

SchülerInnen bekommen, je nach Thema des Labors, auch einen Einblick in aktuelle Forschungsgebiete und den Ablauf in einem Labor an der Universität oder in einem Industriebetrieb. Ihnen wird so vermittelt, dass sich auch außerhalb der Schule Personen mit Mathematik, Physik oder anderen Naturwissenschaften intensiv beschäftigen. Sie erkennen im besten Fall, dass naturwissenschaftlicher Unterricht kein reiner Selbstzweck ist, sondern der Vorbereitung auf mögliche zukünftige Tätigkeiten dienen kann.

Durch die Einteilung in Kleingruppen bis maximal fünf SchülerInnen und die gezielte Betreuung können eigene Ideen der SchülerInnen ausprobiert oder zumindest diskutiert und mögliche Fehlvorstellungen geklärt werden. Dadurch, dass der Besuch in einem Lernlabor an keinen Lehrplan oder ähnliches gebunden ist, haben die Schüler Zeit für Diskussionen untereinander, aber auch mit dem Betreuer, die in der Schule aufgrund des bestehenden Zeitdrucks leider oftmals viel zu kurz kommen. Innerhalb dieser Gruppen haben die SchülerInnen auch die Möglichkeit Fragen zu klären, die sie sich vielleicht nicht getraut haben vor der ganzen Klasse zu stellen. Es kann also ganz gezielt auf individuelle Fragen und Bedürfnisse der SchülerInnen eingegangen werden.

Neben den SchülerInnen haben aber auch die Entwickler der Labore, die Betreuer und die Lehrkräfte Vorteile vom Schülerlabor.

Derjenige, der das Labor entwirft hat die Chance, Erfahrungen im Erstellen von Arbeitsblättern und dem Formulieren von Arbeitsaufträgen zu sammeln. Ebenso lernt man in etwa abzuschätzen, wie viel Zeit SchülerInnen für das Durchlaufen eines Labors benötigen, was oft einen deutlichen Gegensatz zu den persönlichen Erwartungen aufwirft. Es wird einem bewusst, dass Dinge, die für den Entwickler des Labors selbstverständlich sind, für SchülerInnen zum Teil nicht nur neu, sondern absolut unverständlich sein können. Ein weiterer Vorteil für die Personen, die ein Labor erstellen, liegt mit Sicherheit darin, dass man erkennt, wie viel Aufwand hinter solch einer offenen Unterrichtseinheit steckt, angefangen bei der Erstellung der Arbeitsblätter, über den Versuchsaufbau, bis hin zur gesamten Organisation

des Ablaufs. Die hier genannten Vorteile lassen sich für Lehramtsstudierende im Kern dahingehend zusammenfassen, dass man durch die Erstellung eines Schülerlabors Erfahrungen sammeln kann, die sonst im Rahmen des Studiums im besten Fall während eines Schulpraktikums gemacht werden können.

Auch die Personen, die sich bereit erklären, ein solches Labor zu betreuen, haben neben der Mühe, die damit verbunden ist, auch Vorteile durch ihre Tätigkeit. Die Betreuer eines Schülerlabors kommen außerhalb eines Schulpraktikums in direkten Kontakt mit Schülern. Während eines Praktikums an der Schule ist meist eine Lehrkraft anwesend, wohingegen der Betreuer während des Schülerlabors im Wesentlichen auf sich alleine gestellt ist. Dadurch hat er die Chance herauszufinden, wie seine Persönlichkeit auf Schüler wirkt und ob Erklärungen, die er für verständlich hält auch tatsächlich von Schülern verstanden werden. Im Idealfall betreut ein Betreuer eine Station eines Labors mehrmals. Dadurch hat er die Möglichkeit, seine Erklärungen und Fragen zu überarbeiten, zu verbessern und erneut auszuprobieren, um sich zu verbessern. Er kann im nächsten Durchlauf sofort testen, wie seine Veränderungen sich auf das Verständnis der SchülerInnen auswirkt. Wenn der zuständige Seminarleiter gelegentlich hospitiert, hat der Betreuer die Chance im Anschluss an einen Labortag ein Feedback zu erhalten. Er erfährt dann von einer außenstehenden Person, wie er auf SchülerInnen wirkt, ob er zu spezifisch hilft, oder wo er eventuell früher hätte eingreifen müssen. Er kann dann seine eigene Einschätzung mit der zweiten Meinung vergleichen und daraus Rückschlüsse auf sein Verhalten ziehen.

Der Lehrer, der mit seiner Klasse in ein Schülerlabor kommt, findet dort die Möglichkeit vor, bereits behandelten Stoff zu vertiefen, oder unbekannte Inhalte vorzustellen. Der Besuch des Labors eignet sich also nicht nur als Vertiefung, sondern auch als Einführung in unbekannte Themen. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der Inhalt des Labors relativ allgemein ist und nicht bis ins letzte Detail eines physikalischen Sachbereiches vordringt. Auch für die Motivation der Schüler (Anmerkung d. Autors: Wenn im Folgenden von Schülern die Rede ist, sind stets Schüler und Schülerinnen gemeint!) kann ein Tag im Lernlabor sehr hilfreich sein. Wie später noch gezeigt wird, wirken sich derartige Labore auch langfristig auf die Begeisterung der Schüler für Naturwissenschaften im Allgemeinen, beziehungsweise für das entsprechende Fach im Speziellen aus. Daneben werden in Schülerlaboren offene Unterrichtseinheiten zu bestimmten Themenkomplexen sozusagen als Fertigprodukt angeboten. Für den entsprechenden Lehrer heißt das, dass ihm dort Arbeit abgenommen wird.

Wenn er plant, seine Schüler selbständig an Versuchen zu einem Unterrichtsgebiet arbeiten zu lassen, kann er sich durch den Besuch eines Lernlabors einen großen Teil der Organisation sparen, den er hätte, wenn er die entsprechenden Stationen alle selbst erarbeiten, vorbereiten und durchführen müsste.

Aus den oben genannten Gründen könnte man den Besuch eines Schülerlabors als Win – Win – Situation für alle Beteiligten sehen.

2.2 Ein Tag im Schülerlabor

Wie bereits erwähnt, gibt es unterschiedliche Schülerlabore, mit verschiedenen Schwerpunkten und Zielgruppen. Daher ist es sicher nicht möglich allgemein zu sagen, wie ein Besuch im Schülerlabor abläuft. Was im Folgenden beschrieben wird, soll ein Modelltag sein, wie er bei der Durchführung des zu erarbeitenden Labors ablaufen soll.

Die Gruppe wird nach ihrer Ankunft an der Universität Würzburg durch einen Verantwortlichen des Labors abgeholt und zur Begrüßung und einem Einführungsvortrag in einen Seminarraum begleitet. Bei der Begrüßung sollen alle Ansprechpartner für die Schüler vorgestellt werden und ein grober Überblick über die räumliche Situation gegeben werden. Es ist daher wünschenswert, dass alle Betreuer bereits bei diesem Vortrag anwesend sind.

Im Einführungsvortrag wird auf das Thema des Labors eingegangen und die einzelnen Stationen des Tages werden kurz vorgestellt. Da die Stationen in diesem Labor jeweils so aufgebaut sein sollen, dass nötige Grundlagen oder Wiederholungen durch geeignete Versuche und begleitende Texte vermittelt werden, ist dies für den Einführungsvortrag nicht vorgesehen. Es soll lediglich darum gehen, zu zeigen, dass wir in unserer Zivilisation von Sensoren umgeben sind, bewusst und unbewusst, und ein Gespür für ihre Vielfalt zu wecken. Ziel ist es also, den Schüler dort abzuholen, wo er ist, nämlich in seiner Alltagswelt, und ihn dann behutsam in die Welt der Sensoren zu führen. Auch der zeitliche Rahmen der einzelnen Etappen und der ungefähre Ablauf des Tages sollen kurz dargelegt werden. Nach dem Vortrag sollen die Klassen in insgesamt sechs Kleingruppen eingeteilt werden und jede Gruppe soll ihrem Betreuer für die erste Station übergeben werden.

Nach einigen kurzen Hinweisen zu allgemeinen Punkten der jeweiligen Stationen, wie zum Beispiel der Bedienung eines Messinstrumentes, beginnt nun die Phase des selbständigen Experimentierens, wobei ein Betreuer stets bei Rückfragen weiterhilft oder bei einzelnen Versuchen, z. B. mit Starkstrom oder einem Oszilloskop unterstützend eingreift, um Zwischenfälle zu vermeiden. Die Schüler bekommen als Informationsquelle vorab ein Skript,

in dem sowohl die zugrundeliegende Physik, als auch die Versuche verständlich beschrieben sind. In diesem Handout ist neben den Informationen genügend Platz für eigene Beobachtungen und Skizzen, wobei die Eintragungen der Schüler nach der Diskussion in den einzelnen Gruppen abschließend vom Betreuer überprüft werden sollen, um zu vermeiden, dass fachlich unkorrekte Aussagen festgehalten werden. Nach Ablauf der vorgesehenen Zeit soll dann eine kurze Pause in Verbindung mit dem Stationswechsel eingelegt werden. Danach beginnt die Arbeit an der nächsten Station.

Nachdem jeder Schüler jede Station besucht hat findet eine Abschlussbesprechung im Plenum statt. Dort besteht für die Schüler nochmals die Möglichkeit etwaige Fragen zu beantworten, oder ein Feedback über das Lernlabor zu geben.

Wenn alle Fragen geklärt sind, sollen die Klassen und Lehrkräfte verabschiedet werden. Der Lehrer soll eine Mappe mit Fragebögen für sich und die Schüler bekommen, die einige Tage nach dem Besuch ausgefüllt und dann wieder zurückgeschickt werden sollen. Auf die Auswertung der Fragebögen werde ich später noch genauer eingehen.

2.3 Wirksamkeitsstudie

Wie bereits erwähnt, wurden schon etliche Schülerlabore an verschiedenen Einrichtungen entwickelt. Natürlich kommt dabei die Frage auf, wie solche Labore auf Schüler wirken. Genau mit diesem Punkt beschäftigt sich unter anderem die Studie von Katrin Engeln und Manfred Euler (vgl. 2.b.: Engeln / Euler, Forschen statt Pauken) . Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt darauf, zu untersuchen, in wie weit das Interesse von Schülern an Naturwissenschaften durch den Besuch eines Schülerlabors geweckt werden kann. Die Autoren kommen im Text zu dem Schluss, dass Experimentieren im Unterricht alleine kein Garant für Motivation und Lernerfolg sei. Es müsse vielmehr in ein tragfähiges Konzept eingebunden werden, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Ein solches Konzept kann durchaus ein außerschulisches Lernlabor sein. Engeln und Euler gestehen den Lernlaboren ein, lerntheoretisch relevante Kriterien für aktive Wissenskonstruktion, wie zum Beispiel die Verknüpfung von Wissenserwerb und Anwendungszusammenhängen oder kooperatives Problemlösen zu erfüllen. Sie legen besonderen Wert auf drei Interessensdimensionen, nämlich das emotionale Interesse, das wertbezogene Interesse und das epistemische Interesse, also auf den Wunsch über das Labor hinaus mehr über einen speziellen Bereich zu erfahren. Erstaunlich ist, dass bei ihrer Untersuchung 75 % der befragten Jugendlichen angaben, gerne einen weiteren Tag im Labor zu verbringen, aber nicht, weil dadurch regulärer

Unterricht ausfällt, sondern weil ihnen das selbständige Experimentieren große Freude bereitet hat. Ebenfalls bemerkenswert ist, dass beim geschlechtsspezifischen Vergleich kaum ein signifikanter Unterschied festzustellen ist. Die durchgeführten Experimente waren jedoch für Jungen im Durchschnitt merklich verständlicher, während Mädchen die Herausforderung und Authentizität positiver bewerteten.

Als Erfolgsgeheimnis von Schülerlaboren sehen die Autoren das Zusammenspiel von eigenständigem Experimentieren und dem positiven Umfeld, in dem die Versuche stattfinden. Auch die Langzeitwirkung von Schülerlaboren ist beachtlich. So wurde in dieser Studie festgestellt, dass die Wertschätzung der Labore rückblickend merklich ansteigt.

Engeln und Euler kommen weiterhin zu dem Schluss, dass das „Erlebnis Schülerlabor“ durch eine gute Einbettung in den Unterricht noch gesteigert werden kann. Wenn Schülerlabore für alle Schularten und Altersgruppen angeboten werden, die Labore untereinander, zum Beispiel zum Erfahrungsaustausch, vernetzt und systematisch mit Lehreraus- und Fortbildungen verknüpft werden, sehen die Autoren sogar die Möglichkeit, dass sich solche Einrichtungen im dauerhaften Betrieb zu einer verlässlichen Säule in unserem Bildungssystem avancieren können (vgl. ebenfalls 2.b.: Engeln/Euler, Forschen statt Pauken).

Die Rolle, die Lernlaboren zugeschrieben wird ist zwar im Moment noch etwas futuristisch, aber meiner Meinung nach nicht utopisch. Es wäre wünschenswert, das Netz von Schülerlaboren auszubauen und ein möglichst breites Spektrum von Schwerpunkten und Zielgruppen zu bedienen, um Jugendlichen die Möglichkeit zu bieten in direkten Kontakt mit Naturwissenschaften und Forschung treten zu können, wenn dadurch eine Interessenssteigerung in naturwissenschaftlichen Fächern erzielt werden kann.

3. Einordnung in den Lehrplan

Wie der Name des Labors bereits erkennen lässt, soll nicht nur auf einen speziellen Sensortyp eingegangen, sondern eine möglichst breite Vielfalt aufgezeigt werden. Es werden bei der Entwicklung dieses Schülerlabors Stationen zu drei verschiedenen Sensoren beziehungsweise Sensortypen entwickelt, die jeweils ein anderes physikalisches Phänomen ausnutzen. Zum einen wird sich das Labor um induktive Sensoren drehen, zum anderen um passive Infrarotsensoren und es wird der relativ spezielle Fall des Regensensors am Auto in einer Station genauer beleuchtet. Nun werden die Grundlagen der einzelnen Stationen in den aktuell gültigen Lehrplan der sechsstufigen Realschule in Bayern eingeordnet. Als Quelle hierfür dient die Onlinefassung des Lehrplans (vgl. 3.b.: <http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?Mnav=5&Qnav=4&Tnav=0&Inav=0&LpSta=6&Styp=5&Fach=16>).

In der Realschule wählen die Schüler zwischen drei verschiedenen Wahlpflichtfächergruppen (WPFG). Gruppe I ist der mathematisch-naturwissenschaftliche Zweig der Realschule und Gruppe II der wirtschaftswissenschaftliche Zweig. WPFG III teilt sich nochmals in den sprachlichen, den musischen, den hauswirtschaftlichen und den sozialen Zweig auf. Aus der Perspektive der Physik gesehen genügt jedoch die Unterscheidung zwischen der Wahlpflichtfächergruppe I und den Wahlpflichtfächergruppen II/III, da diese größtenteils vom Lehrplan für Physik übereinstimmen.

Während die Schüler in WPFG I bereits in der siebten Jahrgangsstufe zum ersten mal mit Physik in Kontakt treten, beginnen die Naturwissenschaften in den anderen Gruppen erst ein Jahr später, also in der achten Klasse. Dadurch verschieben sich die Inhalte und Schwerpunkte der jeweiligen Lehrpläne natürlich, wobei in den WPFG II/III spezielle Inhalte aus Zeitgründen wegfallen. Über den Einstieg in die Physik in der siebten Klasse ist im Lehrplan des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung zu lesen: „In dieser Jahrgangsstufe werden die Schüler behutsam und ohne Überbetonung der Mathematisierbarkeit physikalischer Aussagen und Gesetzmäßigkeiten an die der Physik eigenen Sichtweisen und Arbeitsmethoden herangeführt. Die Hinführung und die Erarbeitung der entsprechenden Inhalte erfolgt vornehmlich unter phänomenologischen Aspekten. Voraussetzung für einen effektiven Unterricht sind die aktive Beteiligung der Schüler bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente und die Einplanung ausreichender Übungs- und Anwendungsphasen“. Man erkennt also, dass es in der siebten Jahrgangsstufe darum geht, Arbeitsmethoden der Physik vorzustellen und die Schüler durch aktive

Einbeziehung in den Unterricht für das neue Fach zu motivieren. Als Einstieg hierzu ist die Optik vorgeschlagen.

Aus diesem Grund sei zu Beginn der Einordnung der verschiedenen Stationen in den Lehrplan die Station Regensensor näher betrachtet. Die Physik, die hinter diesem Sensor steckt, wird im späteren Verlauf der Arbeit näher betrachtet, aber zusammenfassend kann man sagen, dass der Sensor auf Totalreflexion von Licht an der Grenzfläche zweier Medien beruht. Die Totalreflexion ist der Optik zuzuordnen und diese nimmt mit 27 Unterrichtsstunden etwa die Hälfte der Unterrichtszeit in der siebten Klasse ein. Dies liegt wohl vorrangig daran, dass die Strahlenoptik verhältnismäßig wenig Vorwissen braucht und nahezu ohne Rechnungen auskommen kann. Jeder Schüler hat Vorstellungen von Licht, oder vom Sehvorgang und viele Schüler kennen optische Instrumente, wie Linsen, aus Ferngläsern oder Brillen. Es geht zunächst darum, in etwa vier Unterrichtsstunden die Lichtausbreitung zu beschreiben, oder zu erklären, wie es zu Schattenbildung kommt. Anschließend wird das Reflexionsgesetz für drei Stunden behandelt. Soweit ist keinerlei Rechnung notwendig und die genannten Phänomene lassen sich sehr anschaulich in Versuchen darstellen, wobei der Aufbau oftmals auch für experimentelle Anfänger gut zu bewältigen ist und Schüler so aktiv eingebunden werden können. Danach wird das Kapitel der Lichtbrechung behandelt. An diesem Beispiel kann man sehen, wie versucht wird, möglichst wenig zu mathematisieren und dabei Grundkompetenzen zu entwickeln. Für die Berechnung des Brechungswinkels wären trigonometrische Funktionen nötig, die aber noch völlig unbekannt sind. Daher behilft man sich, indem man Grafiken anwendet und die benötigten Winkel ablesen lässt. Auch in der Station Regensensor wurde auf dieses Vorgehen zurückgegriffen. In den Grundkompetenzen ist das Auswerten von Grafiken ein zentraler Punkt, den die Schüler am Ende der siebten Klasse beherrschen sollen. Im Anschluss an die Brechung wird auf die Totalreflexion eingegangen, wobei für beide Bereiche etwa 9 Unterrichtsstunden vorgesehen sind. Besonders hervorzuheben ist, dass am Ende dieses Themengebietes als gesonderter Punkt „Naturerscheinungen und technische Anwendungen der Totalreflexion“ genannt wird. Auf diesen Grundlagen aufbauend sind nun noch elf Stunden dafür eingeplant, um Linsenoptik und ihre Anwendungen zu behandeln, dann das Kapitel Optik abzuschließen und in die Mechanik zu wechseln.

Der hier geschilderte Ablauf bezieht sich, wie bereits erwähnt, auf den Lehrplan der siebten Klasse in der WPG I.

In den Gruppen II und III wird die Optik erst in der achten Klasse behandelt, wobei man sich in den verfügbaren elf Stunden auf Lichtausbreitung, Schattenbildung und Linsenoptik beschränkt, die Totalreflexion wird, zumindest im Lehrplan, nicht gesondert erwähnt. Am

Beispiel der Optik kann man gut sehen, wie Unterrichtsinhalte der verkürzten Unterrichtszeit zum Opfer fallen. Die Tatsache, dass für den Bereich Optik nur etwa 41% der Zeit im Vergleich zur WPF I vorgesehen ist, unterstreicht diese Aussage deutlich.

In den höheren Jahrgangsstufen wird die Optik nicht noch einmal wiederholt oder vertieft, das heißt, wenn die Schüler in der neunten Klasse das Schülerlabor besuchen, liegt der Umgang mit Optik bereits fast zwei Jahre zurück. Dennoch sollten zumindest noch Grundkenntnisse aus diesem Bereich der Physik vorhanden sein.

Als nächstes wird versucht, die Station zu passiven Infrarotsensoren in den Lehrplan einzuordnen.

In der neunten Klasse beginnt bei WPF I der Lehrplan mit dem Kapitel Wärmelehre. Als Grundlage wird den Schülern veranschaulicht, dass das Teilchenmodell, das sie in der achten Klasse kennen gelernt haben für die folgenden Betrachtungen unzureichend ist. Zunächst wird in etwa sechs Unterrichtsstunden innere Energie, Temperatur, Temperaturänderung und – Messung sowie Volumenänderung durch Erwärmung behandelt. Der anschließende Themenkomplex beschäftigt sich für etwa vier Stunden mit der Wärmeübertragung durch Wärmeleitung, aber auch durch Wärmestrahlung. Darauf aufbauend wird in den verbleibenden 30 Stunden die Konvektion, der Zusammenhang von Temperatur, Druck und Volumen eines abgeschlossenen Gases, die spezifische Wärmekapazität und der erste Hauptsatz der Thermodynamik unterrichtet. Der weitere Ablauf sei an hier vernachlässigt, da im Rahmen dieser Arbeit und im Bezug auf die Station nur die Wärmestrahlung von Bedeutung ist. Da das Lernlabor für Schüler ab der neunten Klasse vorgesehen und für Dezember geplant ist, sollte Wärmestrahlung also bereits bekannt sein.

In den Wahlpflichtfächergruppen II und III wird das Kapitel Wärmelehre im Lehrplan nicht vorgesehen.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, wann die Schüler etwas über elektromagnetische Induktion erfahren. In der Wahlpflichtfächergruppe I ist die E-Lehre erst für die zehnte Klasse vorgesehen. Zu Beginn werden jeweils ca. zehn Stunden lang Leiterkennlinien und (un-) verzweigte Stromkreise behandelt. Danach sind acht Stunden für elektromagnetische Induktion vorgesehen. Dort werden auch Induktion in Spulen, die Lenzsche Regel, Wirbelströme und Selbstinduktion behandelt. Die folgenden 19 Stunden sind für die Behandlung von Generatoren, Transformatoren und deren Anwendung in der Technik und Leitung in Halbleitern vorgesehen. Für die Wahlpflichtfächergruppen II und III ist in der

neunten Jahrgangsstufe E-Lehre vorgesehen. Das Phänomen der Induktion wird allerdings nicht gesondert erwähnt. Was jedoch sehr wohl behandelt wird, ist das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer Spule. Während allerdings für die gesamte E-Lehre 44 Unterrichtsstunden vorgesehen sind, entfallen lediglich drei davon auf die magnetische Wirkung des Stroms.

Aus obigen Betrachtungen kann man erkennen, dass die Schüler, für die dieses Schülerlabor entwickelt werden soll, nur zum Teil über nötige Grundlagen verfügen können. Im Bereich der elektromagnetischen Induktion kann es durchaus sein, dass noch kein Vorwissen seitens der Schüler besteht. Die Grundlagen der beiden anderen Stationen sollten jedoch bekannt sein. Dennoch sollte immer zumindest in Fragen der Betreuer auf den Wissensstand der Schüler eingegangen werden. Die Tatsache, dass den Schülern in einigen Teilbereichen noch keine Grundlagen zur Verfügung stehen muss bei der Erarbeitung der einzelnen Stationen und deren Aufbau unbedingt berücksichtigt werden. Bei der Entwicklung der Station zu induktiven Sensoren sollten auf jeden Fall Grundlagenversuche mit eingebaut werden, um fehlende Basics zu erarbeiten.

4. Physikalische Grundlagen

Nachdem nun geklärt wurde, wo der Inhaltsschwerpunkt des Labors liegen soll, wie sich der Ablauf in etwa gestalten wird, und wo die vermittelten Inhalte im Lehrplan einzuordnen sind, sollen nun die physikalischen Grundlagen betrachtet werden, die benötigt werden, um die Inhalte des Labors verstehen zu können. Für Betreuer späterer Labordurchführungen kann dieses Kapitel als Wiederholung des benötigten Grundwissens betrachtet werden. Da oben die Betrachtung mit der Station Regensensor begonnen wurde, soll diese Reihenfolge auch jetzt beibehalten werden.

4.1. Grundlagen der Totalreflexion

Bei der Einordnung in den Lehrplan wurde bereits erwähnt, dass das Phänomen der Totalreflexion, welches der Optik zuzuschreiben ist, die Basis des Regensensors bildet. Um in die Optik einzuführen wird kurz auf den elektromagnetischen Charakter von Licht eingegangen. Das elektromagnetische Spektrum umfasst weit mehr als das, was das menschliche Auge wahrnehmen kann. Das für den Menschen sichtbare Licht liegt in etwa im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm, was einem Frequenzbereich von etwa 789 THz bis ca. 385 THz (Tera Hertz = 10^{12} Hertz) entspricht. Das bekannte Spektrum elektromagnetischer Strahlung reicht jedoch von etwa 10 Hz bis 10^{23} Hz, umfasst also über 23 Größenordnungen, wovon nur ein beinahe vernachlässigbarer Bereich vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann. Das soll nicht bedeuten, dass unsichtbare Frequenzen keine Rolle spielen. Niederfrequente Signale dienen der Datenübertragung, zum Beispiel als Radio-, TV- oder Funkwellen. Elektromagnetische Strahlung mit sehr hohen Frequenzen, aber sehr kurzen Wellenlängen, sind unter den Namen Röntgen- und Gammastrahlung bekannt. Zur Veranschaulichung wurde an den Arbeitsplätzen der SchülerInnen eine Grafik, ähnlich der Abb. 2 ausgelegt.

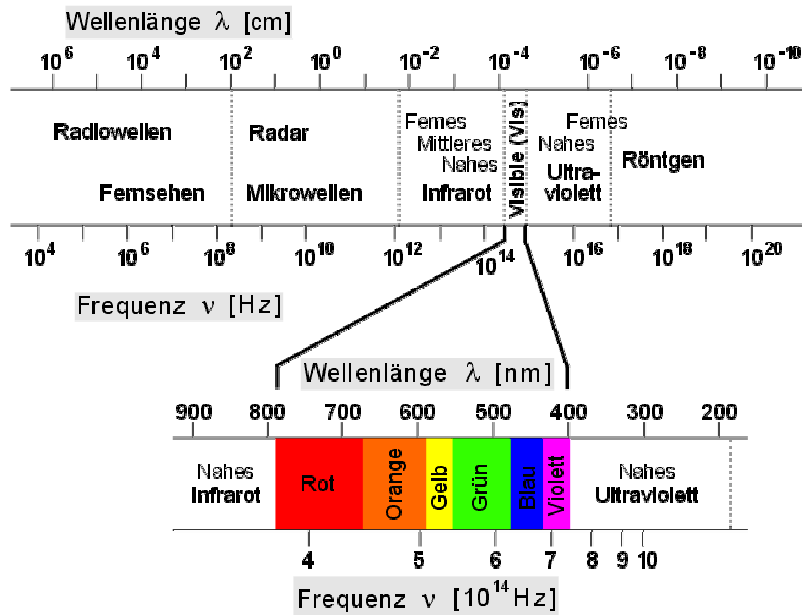


Abb. 2 Elektromagnetisches Spektrum

Elektromagnetische Wellen setzen sich, wie der Name bereits verrät, aus einem elektrischen und einem magnetischen Anteil zusammen. Das E-Feld und das B-Feld stehen dabei jeweils senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichts, wie es Abb. 3 zeigt.

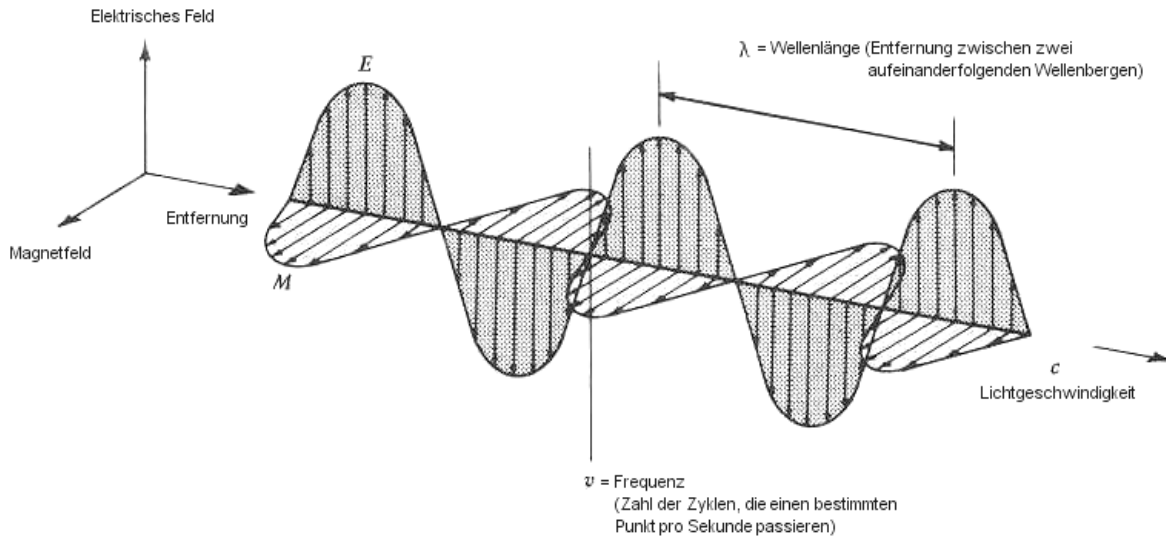


Abb. 3 Komponenten der elektromagnetischen Welle

Wie jede Welle, so hat auch die elektromagnetische Welle eine Ausbreitungsgeschwindigkeit. In der Literatur wird die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum meist mit dem Symbol c bezeichnet und hat per Definition den Wert:

$$c = 299.792.458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

(vgl. 1.a.: Tipler/Mosca, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, S. 1196). In jedem anderen Medium ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit geringer, als im Vakuum. Das Verhältnis der Vakuumgeschwindigkeit c zu der Geschwindigkeit im Medium c_n wird zu einer Materialeigenschaft zusammengefasst, nämlich der Brechzahl n des jeweiligen Mediums, wobei gilt:

$$n = \frac{c}{c_n}$$

Da c stets größer ist als c_n , ist der Brechungsindex n immer größer als eins. In Tabelle 1 sind verschiedene Brechungsindizes für unterschiedliche Medien angegeben.

Medium	Brechungsindex
Luft	1,000292
Wasser	1,33
Glas	1,45 – 2,14
Diamant	2,42
Bleisulfit	3,9

Tab. 1 Brechungsindizes verschiedener Medien

Trifft nun ein Lichtstrahl aus einem Medium mit Brechzahl n_1 unter einem Winkel θ_e , der von 90° verschieden ist, auf die Grenzfläche zweier unterschiedlicher Medien, so wird ein Teil der einfallenden Lichtintensität reflektiert und ein anderer Teil dringt in das neue Medium mit Brechzahl n_2 , für die gilt, $n_2 > n_1$, ein. Für den Winkel θ_r des reflektierten Lichtstrahls gilt das Reflexionsgesetz, also die Beziehung:

$$\theta_e = \theta_r$$

Der transmittierte Lichtstrahl verläuft nicht geradlinig im Medium n_2 weiter, sondern wird, da $n_2 > n_1$ gilt, zum Einfallslot hin gebrochen. Auch hierfür kann ein Zusammenhang formuliert werden, das Brechungsgesetz von Snellius:

$$n_1 \cdot \sin \theta_e = n_2 \cdot \sin \theta_t$$

Zu beachten ist, dass alle drei Strahlen, also einfallender, reflektierter und transmittierter Strahl, in einer Ebene liegen. Ein Beispiel für einen solchen Übergang von einem Medium mit geringer Brechzahl in ein Medium, bei dem dieser Wert größer ist, wäre der Blick in ein Aquarium. In der folgenden Grafik, Abb. 4, kann man den Strahlverlauf an der Grenzfläche nachvollziehen.

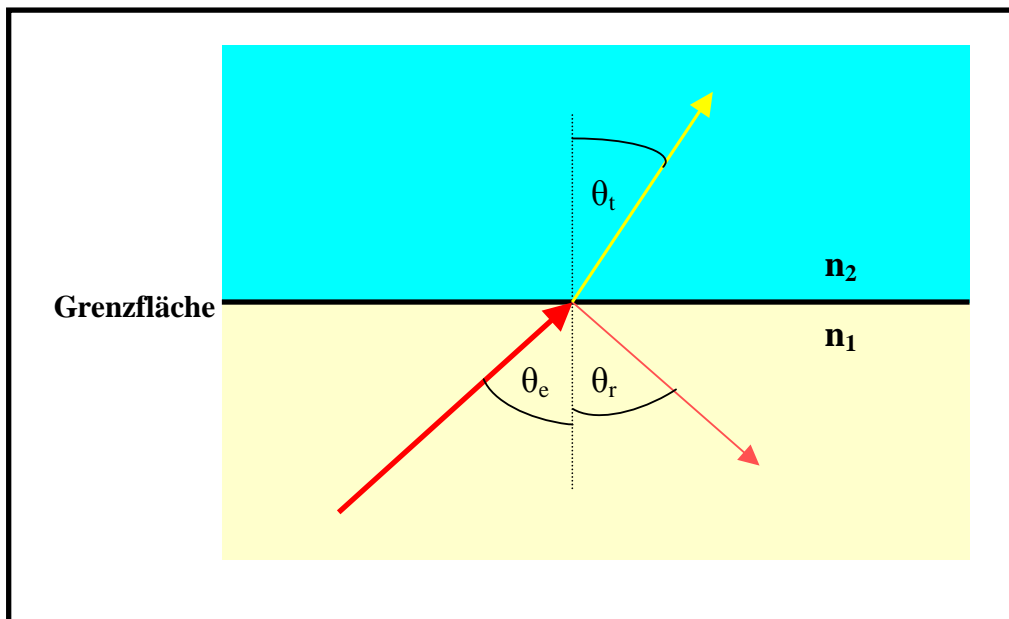


Abb. 4 Reflexion und Transmission eines Lichtstrahls

Findet nun ein Grenzübergang von einem optisch dichteren Medium n_1 in ein optisch dünneres Medium n_2 statt, bleiben die Formeln oben erhalten, jedoch wird der transmittierte Strahl vom Einfallslot weg gebrochen. Ein Beispiel hierfür wäre der Blick eines Tauchers von unten auf die Wasseroberfläche. Hierbei kommt es allerdings zu einer Besonderheit. Vergrößert man nämlich den Einfallswinkel, so wird auch der Winkel des transmittierten Strahls immer größer. Ab einem bestimmten, kritischen Winkel beträgt θ_t exakt 90° . Aus dem Gesetz von Snellius kann man diesen Grenzwinkel auch berechnen, wobei er lediglich von den zwei Brechzahlen der jeweiligen Medien abhängt. Durch einfache Umformung des Snellius'schen Brechungsgesetzes unter Verwendung der Tatsache, dass $\sin 90^\circ = 1$ ist, ergibt sich der Sinus des gesuchten Winkels zu:

$$\sin \theta_e = \frac{n_2}{n_1}$$

Was passiert nun aber, wenn der Einfallswinkel über diesen Wert hinaus vergrößert wird?

In diesem Fall wird die gesamte einfallende Lichtintensität an der Grenzfläche der beiden Medien reflektiert und es findet keine Brechung mehr statt. Dieser Effekt heißt Totalreflexion. Die unterschiedlichen Strahlverläufe sind in Abb. 5 dargestellt.

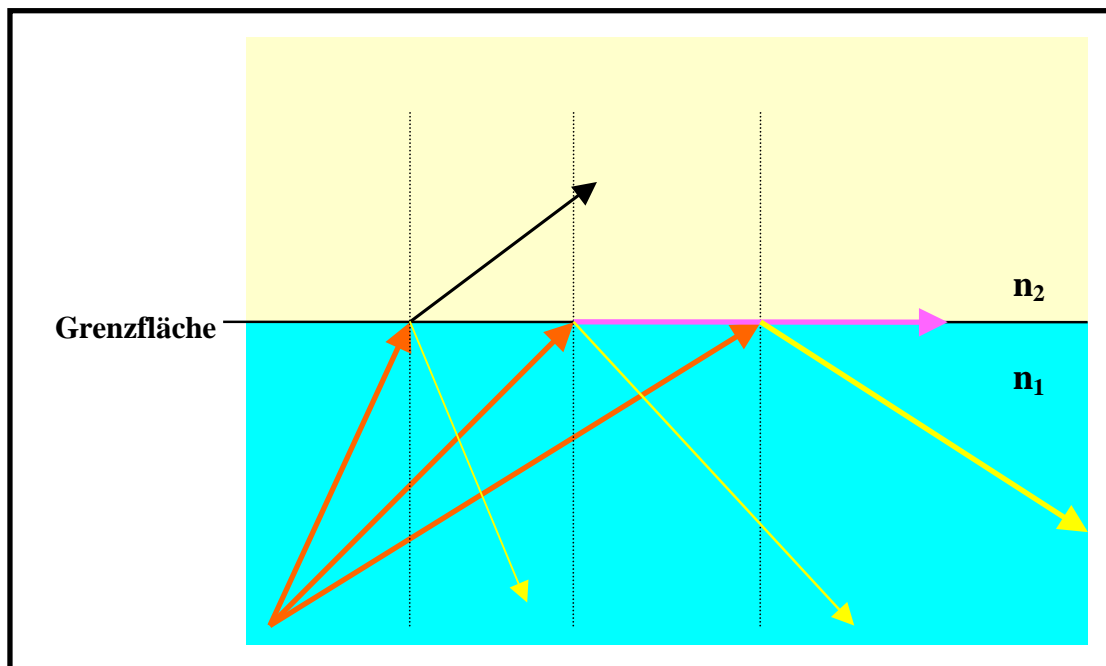
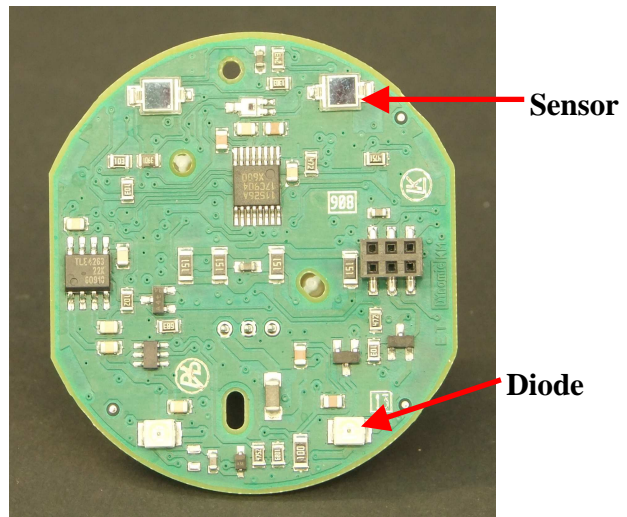


Abb. 5 Brechung, streifender Ausfall und Totalreflexion bei Vergrößerung des Einfallswinkels

Aus obiger Schilderung ist erkenntlich, dass Totalreflexion nur beim Übergang von einem optisch dichteren Medium zu einem optisch dünneren Medium auftreten kann. Wie man aber auch sieht, ist die Totalreflexion sehr empfindlich vom jeweiligen Einfallswinkel und den beiden Medien an der Grenzfläche abhängig. Tauscht man das Medium mit der Brechzahl n_2 gegen ein Medium mit Brechzahl n_3 ($n_3 > n_2$) und behält den Einfallswinkel bei, so kann anstelle von Totalreflexion wieder Brechung auftreten.

4.2. Funktionsweise des Regensors

Wie der Regensor die Totalreflexion ausnutzt, wird nun näher erläutert. Dazu ist es allerdings nötig zu wissen, wo genau der Sensor sitzt, um die später betrachteten Grenzübergänge besser verstehen zu können. In den meisten Fällen wird der Regensor am Auto im Sockel des Innenspiegels verbaut. Er befindet sich direkt hinter der Windschutzscheibe. Wenn also von Glas die Rede ist, ist im Folgenden stets die Frontscheibe des Autos gemeint. Die Größe dieses Bauteils beschränkt sich in etwa auf fünf Zentimeter im Durchmesser. Auf den Fotos aus Abb. 6 ist der Regensor als Bauteil zu sehen. Nach langer Suche auf Schrottplätzen, bei Abschleppunternehmen und Automobilwerkstätten war es schließlich doch möglich, dieses Ersatzteil zu erhalten. Ein Telefonat mit der Pressestelle eines stuttgarter Autobauers war hier erfolgreich.



a)

b)

Abb. 6: Regensensor a) äußerlich und b) Schaltplatine mit Dioden und Sensoren

Zu erkennen sind hierbei im linken Bild (a) lediglich die Zerstreuungs- und Sammellinsen, die dazu dienen, den erzeugten Lichtstrahl aufzuweiten und wieder zu fokussieren. Im rechten Bild (b) sieht man die Leuchtdioden und die Lichtsensoren. Es sind alle Elemente doppelt vertreten, um eine präzisere, zuverlässigere Messung zu ermöglichen, indem beide Wege getrennt voneinander ausgewertet und dann gemittelt werden. Anhand der folgenden Grafik soll die Funktionsweise Schritt für Schritt hergeleitet werden. Dabei wird auf eine zu detaillierte Darstellung zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet, indem zum Beispiel die Linsensysteme oder die parallele Zweitmessung vernachlässigt werden.

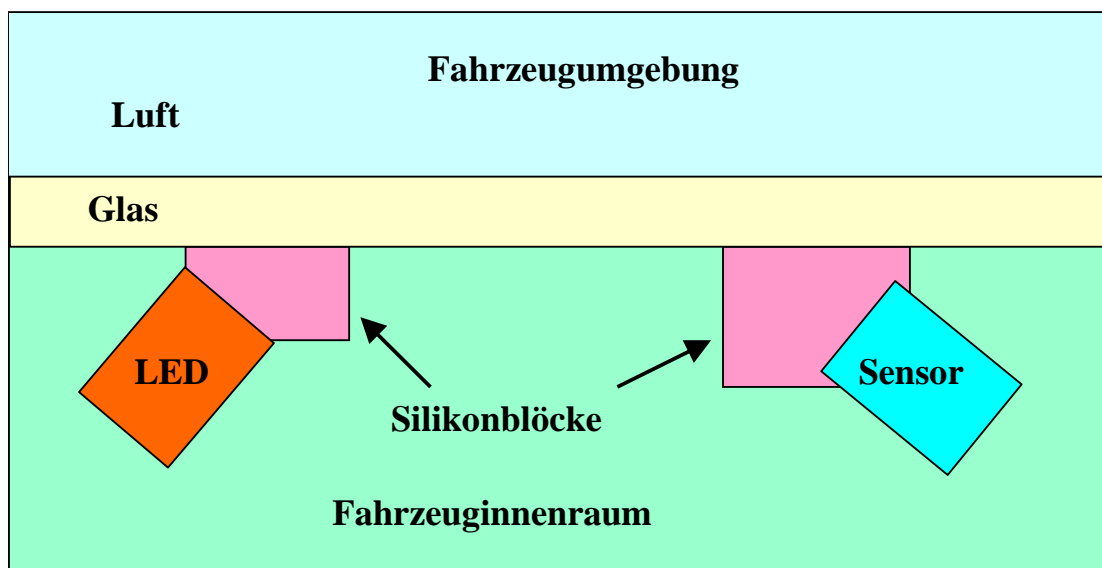


Abb. 7 schematischer Aufbau eines Regensensors

In Abb. 7 findet man die Leuchtdiode und den Lichtsensor wieder. Auch die Anordnung im Fahrzeug und die Windschutzscheibe sind zu erkennen. Zu beachten ist allerdings, dass der Regensensor üblicherweise nicht mit sichtbarem Licht arbeitet, sondern mit Infrarotlicht. An den oben gefundenen Beziehungen ändert sich dadurch jedoch nichts. Der eingezeichnete Sensor ist in der Lage zum Beispiel über den pyroelektrischen Effekt, also die Ladungsverschiebung durch Wärmeeinwirkung, die einfallende Lichtintensität zu messen. Die Silikonblöcke dienen dazu, den Lichtstrahl in die Frontscheibe ein- und auch wieder auszukoppeln.

Nachdem nun der prinzipielle Aufbau des Regensensors und die Totalreflexion erklärt wurden, wird nun das Zusammenwirken der beiden Faktoren untersucht, wobei zunächst der Fall betrachtet wird, dass kein Regen auf die Scheibe fällt.

Durch die LED wird infrarotes Licht erzeugt. Dieses wird durch Linsen aufgeweitet und über einen Silikonblock in die Frontscheibe eines Automobils eingekoppelt. Dort verläuft er dann geradlinig bis er auf die Grenzfläche zwischen Glas und Luft außerhalb des Autos trifft. Da es sich hierbei um einen Übergang von einem optisch dichteren Medium, nämlich Glas mit einer Brechzahl $n_1 = 1,52$, zu einem optisch dünneren Medium Luft mit der Brechzahl $n_2 = 1,000292$ handelt, kommt es ab dem Grenzwinkel zur Totalreflexion. Dieser Winkel soll nun berechnet werden. Wir verwenden dazu die Gleichung, die wir aus dem Gesetz von Snellius hergeleitet haben und erhalten:

$$\sin \theta_e = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,000292}{1,52} \approx 0,658087$$
$$\Rightarrow \underline{\theta_e \approx 41,2^\circ}$$

Das heißt, ist der Einfallswinkel des Lichtstrahls größer als $41,2^\circ$, so wird die gesamte auftreffende Lichtintensität in das Innere der Scheibe zurückgeworfen. Dieser Effekt soll ausgenutzt werden und die Diode wird so ausgerichtet, dass dieser Grenzwinkel überschritten wird. Eine Ausrichtung des Lichtstrahls auf etwa 42° wäre denkbar, wobei natürlich zu beachten ist, dass der Lichtstrahl beim Übergang von Silikon zu Glas noch einmal gebrochen wird. Auch an der Grenzfläche Glas/Luft zum Innenraum hin wird total reflektiert und der Lichtstrahl ist quasi im Glas gefangen. Nach einigen Reflexionen trifft der Lichtstrahl an der inneren Grenzfläche nicht mehr auf Luft, sondern auf das zweite Silikonkissen. Da Silikon eine deutlich andere Brechzahl als Luft hat, ist es möglich, den Lichtstrahl so aus dem Glas auszukoppeln. Die

dabei auftretende Brechung muss natürlich beachtet werden. Der Strahl wird nun wieder fokussiert und trifft dann auf den Lichtsensor. In der Grafik von oben ist nun der Strahlverlauf ohne Regen eingezeichnet (vgl. Abb. 8).

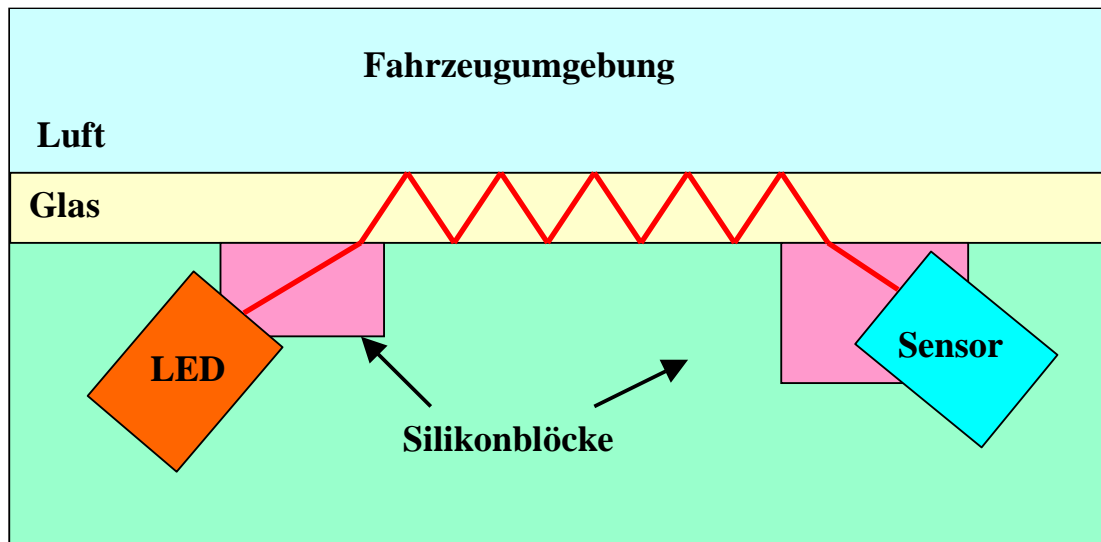


Abb. 8 Strahlverlauf im Sensor ohne Regen

Dieser Vorgang findet, wie bereits erwähnt, zweimal parallel zueinander statt. Schauen wir uns nun an, was passiert, wenn es anfängt zu regnen. Im Inneren des Autos bleibt die Situation unverändert. Auf der Außenseite der Frontscheibe bilden sich aber kleine Wassertropfen aus. Welche Wirkung haben diese auf den Aufbau aus Abbildung 7 und 8?

Im Gegensatz zu Luft, beträgt der Brechungsindex von Wasser statt 1,000292 etwa 1,33. Setzen wir nun diesen Wert in unsere Rechnung von oben ein, können wir erkennen, dass sich der Grenzwinkel der Totalreflexion deutlich ändert:

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,33}{1,52} \approx 0,875$$

$$\Rightarrow \underline{\theta_c \approx 61,0^\circ}$$

Das bedeutet ganz konkret, dass unser Lichtstrahl, der auf etwa 42° eingestellt war, an der Grenzfläche von Glas zu Wasser nun nicht mehr totalreflektiert wird. Stattdessen wird er gebrochen und dringt in den Wassertropfen ein. An der Grenze von Wasser zu Luft sind dann zwei Möglichkeiten denkbar. Der Lichtstrahl könnte zum einen gebrochen werden und den Wassertropfen verlassen. Es wäre aber auch denkbar, dass er totalreflektiert wird und zurück ins Glas eingekoppelt wird. Dadurch würde er aber auch den ursprünglichen Lichtweg verlassen und

$$P_e = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Dabei ist P_e die abgestrahlte Leistung, A die Oberfläche des jeweiligen Körpers und T die Temperatur in Kelvin. ε , der Emissionsgrad und σ sind Naturkonstanten. Der Emissionsgrad ε eines idealen schwarzen Strahlers beträgt per Definition eins. Daher ist bei Berechnungen mit herkömmlichen thermischen Strahlern, die nicht als schwarzer Strahler angesehen werden können, stets der jeweilige relative Emissionsgrad ε_{rel} zu verwenden. Der Werte der Konstanten σ beträgt:

$$\sigma = 5,6705 \cdot 10^{-8} \text{Wm}^{-2} \text{K}^{-4}$$

σ trägt den Namen „Stefan – Boltzmann - Konstante“. Das bedeutet, dass ein erwachsener Mensch mit einer Körpertemperatur von 37°C , einem Emissionsgrad von durchschnittlich 0,95 und einer Hautoberfläche von zwei Quadratmetern die Leistung

$$P_e = \varepsilon_r \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

$$P_e = 0,95 \cdot 5,6705 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot (273 + 37)^4$$

$$P_e = 5,387 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 310^4$$

$$P_e \approx 1000 \text{W}$$

abstrahlt. In welchem Wellenlängenbereich diese Leistung abgestrahlt wird ist nur von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängig und kann nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz berechnet werden.

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2,898 \text{mm} \cdot \text{K}}{T}$$

Im Beispiel des Menschen von oben liegt also das Maximum der Strahlungsleistung bei einer Wellenlänge von:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2,898 \text{mm} \cdot \text{K}}{T}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2,898 \text{mm} \cdot \text{K}}{310 \text{K}}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 9,35 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

Suchen wir diesen Wert in Abb. 2, so erkennen wir, dass sich das Maximum der menschlichen Temperaturstrahlung im nahen Infrarotbereich befindet. Es ist hier von einem Maximum die

Rede, da die Strahlung nicht nur bei genau einem Wert auftritt, sondern ein kontinuierliches Spektrum abdeckt.

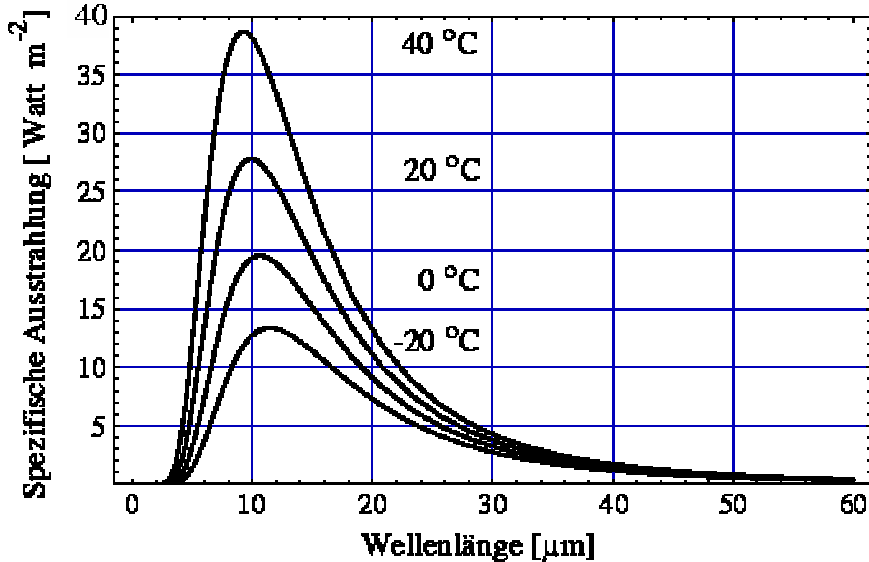


Abb. 10 Temperaturabhängigkeit der maximalen Strahlungsleistung

In Abb. 10 ist zu sehen, dass sowohl die maximal abgestrahlte Leistung, als auch die Wellenlänge, bei der diese auftritt, von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängt.

Aber nicht nur der Mensch gibt Wärmestrahlung ab, sondern, wie bereits erwähnt, jeder Körper, dessen Temperatur über -273K liegt.

Infrarotsensoren sind nun in der Lage, diese Strahlung zu erkennen. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten, von denen hier die Erkennung über pyroelektrische Elemente näher erläutert werden soll, da diese bereits weiter oben, beim Regensensor, verwendet wurde. Der Begriff pyroelektrisch gibt schon Hinweise auf das Funktionsprinzip. In einigen Kristallen, wie zum Beispiel Turmalin, führt eine Temperaturänderung dazu, dass sich die Polarisationsrichtungen innerhalb des Kristalls verändern und sich dadurch eine elektrische Spannung ausbildet. Es findet also eine thermisch bedingte Polarisation statt, wie in Abb.11 gezeigt.

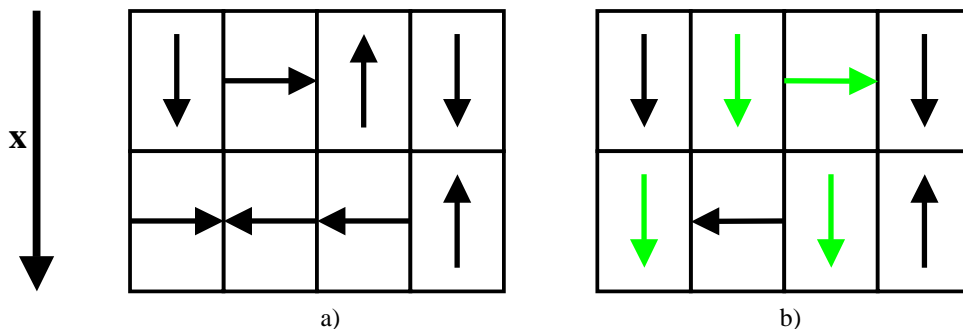


Abb. 11 Polarisationsrichtungen im Turmalinkristall. a) Willkürliche Verteilung im Ruhezustand und b) veränderte Polarisation bei Wärmeeinwirkung.

Die freiwerdenden Elektrizitätsmengen in einem solchen Kristall sind dabei nicht von der Kristalllänge in x-Richtung abhängig, sie sind lediglich proportional zum Querschnitt senkrecht zu dieser Achse. Erwärmt man einen Turmalinkristall um 100K, wird auf einer Fläche senkrecht zur x-Achse eine Elektrizitätsmenge von 10^{-4} As/m^2 freigesetzt (vgl. 1.b.: Bergmann/Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, S. 787).

Wenn es also gelingt, einen solchen Kristall in einem Sensor einzusetzen, ist es möglich, von außen auftreffende Wärmestrahlung zu detektieren, wenn zuvor eine Kalibrierung vorgenommen wurde. Der Kristall bildet je nach einfallender Strahlungsleistung eine mehr oder weniger große Spannung aus, woraus die kalibrierte Auswerteelektronik im Sensor dann wieder Rückschlüsse auf die Strahlungsleistung und damit die Temperatur des gemessenen Körpers ziehen kann.

Da der Sensor lediglich auf auftreffende Strahlung reagiert und nicht selbst Strahlung aussendet und dann misst, wie groß der Anteil der reflektierten Strahlung ist, bezeichnet man ihn als passiven Infrarotsensor.

Es ist dabei allerdings zu beachten, dass die ausgesandte Strahlungsleistung eines Körpers sich kugelförmig ausbreitet. Das bedeutet, dass die ursprüngliche Strahlungsleistung konstant bleibt, die Gemessene aber sehr stark mit der Entfernung vom Messobjekt abnimmt, da die Leistung pro Fläche bei größer werdender Kugeloberfläche quadratisch abnimmt. Für alle Messungen mit mehreren Sensoren im Rahmen dieses Labors ist daher darauf zu achten, dass der Abstand der Messgeräte zum Objekt in etwa gleich ist.

Es wurde bereits die Größe des Emissionsgrades angesprochen. Sie hängt wesentlich vom jeweils zu messenden Material ab. In Tabelle 2 sind verschiedene Werte angegeben.

Material	Emissionsgrad
Holz	0,91
Glas	0,9
Papier	0,89
Aluminium	0,04
Eisen	0,06 bis 0,25

Tab. 2 Emissionsgrade verschiedener Materialien

Die während des Labors verwendeten Infrarotthermometer sind auf einen Emissionsgrad von $\epsilon_{\text{rel}} = 0,91$ fest voreingestellt.

In der Regel ist vor dem pyroelektrischen Kristall ein Linsensystem angebracht. Es hat die Aufgabe, die einfallenden Strahlen zu bündeln und auf den Kristall zu fokussieren.

Der größte Vorteil dieses Messverfahrens ist, dass eine berührungslose Temperaturmessung vorgenommen werden kann, das Ergebnis also nicht durch die Temperatur des Thermometers verfälscht wird.

4.4. Grundlagen der induktiven Sensoren

In den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts haben zwei Wissenschaftler unabhängig voneinander entdeckt, dass ein zeitlich veränderliches Magnetfeld einen Strom in einer Leiterschleife erzeugen kann, die dieses Magnetfeld statisch umgibt. Es waren dies Michael Faraday in England und Joseph Henry in Amerika. Man nennt dieses Phänomen elektromagnetische Induktion.

Um ein besseres Verständnis der Hintergründe zu erhalten ist es unbedingt notwendig, die Definition des magnetischen Flusses zu wiederholen und von dort ausgehend die Induktion herzuleiten.

Der magnetische Fluss gibt an, wie stark das Magnetfeld B ist, das eine bestimmte Fläche A durchsetzt. Dazu wird A gedanklich in infinitesimal kleine Bereiche dA aufgeteilt. Man betrachtet nun den Fluss durch jeden dieser Bereiche dA und integriert dann über die gesamte Fläche. Dadurch erhält man den Gesamtfluss.

$$\Phi_{\text{magn}} = \int B \cdot dA$$

Ist B innerhalb der Fläche homogen, sind also Betrag und Richtung konstant, und ist A eine ebene Fläche, so kann das Integral vereinfacht werden zu:

$$\Phi_{\text{magn}} = |B| \cdot |A| \cdot \cos \theta$$

Da im vorliegenden Schülerlabor stets davon ausgegangen werden soll, dass die Bewegungsrichtung des Magneten senkrecht zur Fläche erfolgen soll ($\cos \theta = 1$) und nur Spulen mit Windungszahl n betrachtet werden, kann die Formel zur Berechnung des magnetischen Flusses auch dargestellt werden als:

$$\Phi_{\text{magn}} = |B| \cdot |A| \cdot n$$

In ihren Experimenten haben Faraday und Henry herausgefunden, dass die Größe der induzierten Spannung der zeitlichen Veränderung des magnetischen Flusses durch die entsprechende Fläche entspricht.

$$U_{\text{ind}} = \frac{d\Phi_{\text{magn}}}{dt}$$

Oder anders formuliert:

$$U_{\text{ind}} = -n \cdot (\dot{\mathbf{B}} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{B} \cdot \dot{\mathbf{A}})$$

Nachdem im vorliegenden Labor nur der Fall betrachtet wird, dass sich das magnetische Feld ändert, die Spulenfläche aber zeitlich konstant bleibt, vereinfacht sich dies zu:

$$U_{\text{ind}} = -n \cdot (\dot{\mathbf{B}} \cdot \mathbf{A})$$

Wir wissen also nun, dass in einer Leiterschleife oder einer Spule eine Spannung induziert wird, wenn sich das Magnetfeld im Inneren dieser Anordnung zeitlich verändert. Es bleibt die Frage danach, wie diese Spannung gerichtet ist, und woher das negative Vorzeichen in der obigen Rechnung stammt.

Auf diese beiden Fragen gibt uns die **Regel von Lenz** eine Antwort. Sie lautet:

„Die von einer Zustandsänderung verursachte Induktionsspannung ist stets so gerichtet, dass sie ihrer Ursache entgegenzuwirken versucht!“

Überprüfen wir diese Aussage auf ihre Plausibilität. Gehen wir davon aus, dass ein Magnet mit dem Nordpol voran an eine Leiterschleife angenähert wird. Würde der Induktionsstrom nun nicht der Lenz'schen Regel entsprechen, würde das dazu führen, dass der Magnet durch das zusätzlich entstehende Magnetfeld ebenfalls angezogen wird. Das wiederum würde zu einer positiven Beschleunigung des Magneten und damit einem höheren Induktionsstrom führen. Daraus würde wieder eine größere Kraft auf den Magneten resultieren und der gesamte Aufbau würde sich also zu einer Resonanzkatastrophe aufschaukeln.

Experimentell ist der Nachweis noch leichter. Es wird eine Leiterschleife an einem Faden aufgehängt. Nähert man nun einen Permanentmagneten an, so erkennt man, wie die Leiterschleife sich vom Magneten wegbewegt. Das kann durch die Ausbildung eines Induktionsstroms erklärt werden, der so gerichtet ist, dass er dem verursachenden Magnetfeld entgegenwirkt und sich die beiden ungleichnamigen Magnetpole abstoßen. Aus der magnetischen Wirkung kann dann wieder auf die Richtung des Stromflusses geschlossen werden, zum Beispiel mit Hilfe der „Daumenregel“ der rechten Hand. Es wurde also gezeigt, dass die Größe der induzierten Spannung linear von der Windungszahl einer Spule und der Änderung des Magnetfeldes innerhalb der umschlossenen Fläche abhängt.

Im Laufe des Labors werden die Schüler auch untersuchen, ob eine induzierte Spannung messbar ist, wenn sie anstelle eines Magneten einen Eisenkern auf die Spule zu bewegen. Die dabei messbare Induktionsspannung ist durch Ferromagnetismus erklärbar. Diese Art des Magnetismus beruht auf atomaren Wechselwirkungen innerhalb des Eisens. Die starke Wechselwirkung zwischen zwei benachbarten, magnetischen Dipolen führt dazu, dass sehr viele Dipole bereits beim anlegen eines sehr geringen Magnetfeldes ausgerichtet werden und das Eisen so magnetisiert wird. Für Schüler formuliert könnte man auch sagen, dass im Eisen sehr kleine, sogenannte Elementarmagnete, ausgerichtet werden und der Kern daher als schwacher Magnet wirkt. Es sind nur sehr wenige Elemente, bei denen Ferromagnetismus beobachtet werden kann, zum Beispiel Eisen, Kobalt und Nickel. Bei den Kernen, die im Labor verwendet werden, handelt es sich um Eisenkerne aus der Physiksammlung. Diese waren alle bereits im Kontakt zu Dauermagneten und sind daher, zumindest zum Teil, ausgerichtet.

5. Das Schülerlabor Sensoren

Nachdem nun die physikalischen Grundlagen erläutert wurden, soll das folgende Kapitel sich um das Schülerlabor Sensoren im Speziellen drehen. Es wird zunächst die Entstehung aufgezeigt, bevor die einzelnen Stationen mit ihren jeweiligen Versuchen betrachtet werden. Abschließend wird näher auf den organisatorischen Ablauf eingegangen und ein Überblick erstellt, was bei der Entwicklung eines Schülerlabors im Allgemeinen berücksichtigt werden muss.

Im Wintersemester 2008/2009 wurde das Seminar Schülerlabor unter der Leitung von Herrn Völker am Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg angeboten. Die Seminarteilnehmer haben zusammen mit dem Seminarleiter ein Schülerlabor erstellt, das zunächst als Thema lediglich „Sensoren“ hatte und auf die Jahrgangsstufen neun und zehn ausgerichtet sein sollte. Die Studenten konnten frei wählen, welchen Typ von Sensor sie in ihren Stationen behandeln wollten. Herr Völker übernahm zwei Stationen zum Thema Ultraschallsensoren. Herr Stadlinger entschloss sich, Sensoren zu behandeln, die den piezoelektrischen Effekt ausnutzen. Aus Zeitgründen entschied sich Frau Gutbrod keine eigene Station zu entwickeln, sondern bei piezoelektrischen Sensoren mit einzusteigen. Der Autor der vorliegenden Arbeit wählte zunächst induktive Sensoren und später noch als zweite Station passive Infrarotsensoren. Die Seminarteilnehmer erkannten, dass die gewählten Sensortypen alle im Bereich des Straßenverkehrs wieder zu finden sind, Ultraschallsensoren als Einparkhilfe, piezoelektrische Sensoren als Airbagsensoren im Auto, induktive Sensoren an Schrankenanlagen oder bei Fahrradtachos und Infrarotsensoren zum Erfassen von Autos, die an Ampeln auf Grünphasen warten. Daher wurde geplant das Lernlabor mit dem Titel „Sensoren im Verkehr“ zu überschreiben. Auf Anregung von Herrn Trefzger wurde das Konzept jedoch noch einmal überarbeitet und um einen möglichst breiten Bereich der Sensoren erfassen zu können wurde der Titel in „Vielfalt der Sensoren“ abgeändert. Dies hat den Vorteil, dass den Schülern so besser bewusst gemacht werden kann, dass im Alltag fast überall Sensoren verwendet werden und so das Bewusstsein dahingehend erweitert werden kann.

Das in diesem Seminar entwickelte Labor wurde dann im Februar 2009 von zwei Klassen aus Würzburger Gymnasien besucht. Die Rückmeldungen hierzu waren durchweg positiv.

Im Anschluss daran wurde dem Autor angeboten, das bereits bestehende Labor als Grundlage zu nehmen, eine zusätzliche Station zu entwickeln, es noch einmal durchzuführen und auf dieser Basis seine Zulassungsarbeit zu schreiben.

Daraufhin wurde das Labor in einigen Punkten überarbeitet. Die wichtigsten Veränderungen sollen hier aufgezeigt werden. Zunächst einmal wurden die Stationen über Ultraschall und Piezokristalle gestrichen, so dass das Labor nur noch aus den beiden Stationen passive Infrarotsensoren und induktive Sensoren bestand. Um das Spektrum auszuweiten und eine zusätzliche Station anzubieten, kam von Herrn Trefzger der Vorschlag, eine Station zum Thema Regensensor im Auto zu entwickeln. Diese Station wurde dann komplett neu entwickelt. Dementsprechend mussten natürlich auch die Versuche dazu neu ausgesucht, die Handouts neu erstellt und der Einführungsvortrag überarbeitet werden.

Aber auch das Handout der bereits bestehenden Stationen wurde überarbeitet. So wurden zum Beispiel Erfahrungen aus der ersten Durchführung im Februar eingearbeitet.

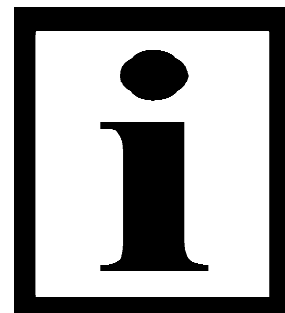
Auch die grafische Gestaltung der Handouts wurde verändert. Es wurden kleine Cartoon – Bilder eingefügt, die den Schülern auf den ersten Blick zeigen sollten, ob der folgende Textabschnitt einen Versuch erklärt (a), ob sie dort etwas ergänzen sollen (b) oder ob es sich um Informationen handelt, die zur Erklärung des Experiments beitragen (c). Die Cartoons sind hier abgebildet:



(a)



(b)



(c)

Durch diese Strukturierung soll den Schülern der Überblick erleichtert werden und der sonst stellenweise trist aussehende Text wird deutlicher gegliedert.

Im Folgenden soll das Schülerlabor Sensoren vorgestellt werden, dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt, überarbeitet und im Dezember 2009 erneut durchgeführt wurde. Dabei werden die einzelnen Stationen vorgestellt und es wird versucht zu erklären, welchem Zweck die jeweiligen Versuche gedient haben.

5.1. Die Station „induktive Sensoren“

Bei der Entwicklung der Station während dem Seminar wurde bereits bedacht, dass eventuell Schüler einer neunten Klasse der Realschule das Labor besuchen könnten. Es wurde berücksichtigt, dass Induktion unter Umständen ein völlig neues Themengebiet darstellen kann. Die Versuche, die die Schüler durchführen sollten, beginnen daher mit Grundlagenversuchen zur Einführung von Induktion, bevor dann näher auf spezielle Sensoren eingegangen wird.

Zu Beginn der Station wird den Schülern ein Merksatz zur Wiederholung oder als These, falls Induktion noch unbekannt ist, an die Hand gegeben. Es heißt dort: „In einer Spule S mit der Windungszahl N und der Länge l wird eine Spannung U_{ind} induziert, wenn sich das Magnetfeld, das die Spule durchsetzt, ändert.“

Im ersten Versuch sollen die Schüler herausfinden, von welchen Faktoren die induzierte Spannung abhängt.

Versuch 1:

Als Material erhalten sie ein Spannungsmessgerät, das mit einer im Seminar selbst erstellten Mittelpunktsskala versehen wurde. Dazu stehen Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen und Durchmessern, sowie zwei Verbindungskabel, ein Magnet und ein Eisenkern zur Verfügung. Die Schüler haben die Aufgabe, den Versuchsaufbau, so wie er in ihrem Handout beschrieben und abgebildet ist, nachzubauen. Die Bedienung des Spannungsmessgerätes wird vor dem Versuch vom jeweiligen Betreuer für beide Gruppen gemeinsam erklärt. Die Schüler sollen nun selbständig mit verschiedenen Spulen experimentieren und dabei den Zeigerausschlag beobachten. Als Hinweis darauf, welche Situationen ausprobiert werden sollen, ist ein Lückentext im Arbeitsblatt vorgegeben, den die Schüler ergänzen sollen. Dabei sollen sie herausfinden, dass bei größerer Windungszahl und bei größerem Durchmesser der Spule die induzierte Spannung zunimmt. Ebenfalls ist zu beobachten, welche Auswirkungen die Geschwindigkeit des Magneten hat. Auch dies kann im Skript festgehalten werden. Es ist hierbei von den Betreuern darauf zu achten, dass die Eintragungen sachlich richtig sind. Ein Problem stellt die Bewegung des Magneten dar. Die Schüler sollen herausfinden, dass die induzierte Spannung größer ist, je heftiger man den Magneten bewegt. Da es sich aber beim Spannungsmessgerät um ein relativ träges Zeigerinstrument handelt, besteht hier oft

Gesprächsbedarf mit dem Betreuer, weil die Ergebnisse der Schüler eher darauf hinweisen, dass bei schnellerer Bewegung ein geringerer Ausschlag entsteht.

Zusammenfassend sollen die Schüler festhalten, dass eine Spule gut als Induktionssensor geeignet ist, wenn sie einen großen Durchmesser und möglichst viele Windungen hat. Dabei könnten die Schüler auch schon erkennen, dass diese Eigenschaften für die praktische Umsetzung eher hinderlich sind.

Versuch 2:

Dieser Versuch soll den Schülern zeigen, warum in Versuch 1 ein Eisenkern in das Innere der Spule gebracht wurde. Dazu stehen ihnen wieder das Spannungsmessgerät mit Mittelpunktsskala, zwei Verbindungskabel, und eine beliebige Spule zur Verfügung. Zusätzlich erhalten die Schüler Kerne aus Eisen, Aluminium, Holz und Kunststoff. Der Versuchsaufbau entspricht dann in etwa der Abb. 12.

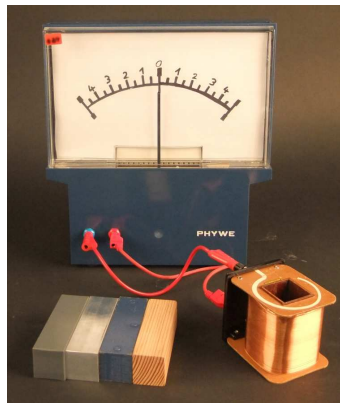


Abb. 12 Versuchsaufbau Versuch 2 an der Station „induktiven Sensoren“

Nachdem der Messbereich empfindlicher gestellt wurde sollen nun die unterschiedlichen Kerne in das Innere der Spule eingebracht werden wobei auf den Zeiger des Messgerätes zu achten ist.

Die wichtigste Erkenntnis bei diesem Versuch ist, dass nur bei dem Eisenkern ein Zeigerausschlag beim Einführen beobachtet werden kann. Anschließend sollen die Schüler auch versuchen, ob ein Ausschlag erkennbar ist, wenn das Eisen nur vor der Spule vorbei bewegt wird.

Diese beiden Teilversuche dienen dazu, die Induktionsschleife an Schrankenanlagen im späteren Verlauf der Station besser verstehen zu können. Bei der Erklärung werden die Elementarmagnete im Eisen angesprochen und es wird erläutert, dass die Ausrichtung dieser Kleinstmagneten durch eine Veränderung des Magnetfeldes festgestellt werden kann. Außerdem wird erklärt, dass Eisen, wenn es einmal im Kontakt mit einem Magneten war, die Ausrichtung der Elementarmagnete

sehr lange beibehält und daher selbst als schwacher Magnet betrachtet werden kann. Die Schüler sollen erkennen, dass es sich bei dem Eisenkern quasi um einen Verstärker für Magnetfelder handelt und die Wirkungsweise einer Induktionsspule so verbessert werden kann.

Versuch 3:

Dieser Versuch entspricht sehr stark dem zweiten Versuch. Der Aufbau bleibt nahezu identisch, es wird nur ein Magnet in das Innere der Spule eingebracht. Danach wird der Eisenkern wieder vor der Spule vorbei bewegt. Es soll hierbei gezeigt werden, dass der gemessene Spannungsstoß höher ausfällt, als ohne den Magneten. Hauptsächlich dient dieser Versuch der Vorbereitung für den Tonabnehmer in der E-Gitarre.

Versuch 4:

Nachdem die Schüler in den vorangegangenen Versuchen gesehen haben, dass eine Änderung des Magnetfeldes in einer Spule eine Spannung induzieren kann, geht es bei diesem Versuch darum zu untersuchen, ob durch eine Spannung und einen damit verbundenen Strom auch ein Magnetfeld erzeugt werden kann. Als Material stehen den Schülern ein Spule, die durch eine Plexiglasscheibe verläuft, ein Netzteil, zwei Verbindungskabel und Eisenfeilspäne zur Verfügung. Die Schüler sollen den Aufbau selbständig vornehmen, aber für die Durchführung einen Betreuer bitten, zumindest die Aufsicht zu führen. Wenn der Aufbau beendet ist, sollte die Versuchsanordnung Abb. 13 entsprechen.

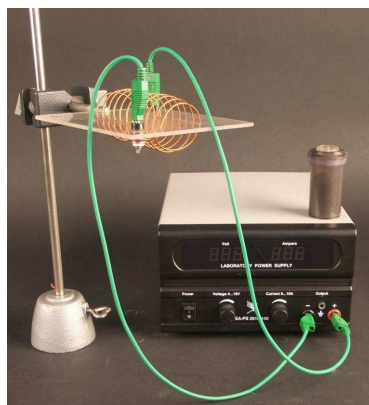


Abb. 13 Versuchsaufbau Versuch 4 an der Station „induktiven Sensoren“

Nachdem die Feilspäne etwa gleichmäßig auf der Plexiglasscheibe verteilt und die Verbindungskabel angeschlossen wurden, wird nun überprüft, ob beide Drehregler an der Front der Stromquelle in Nullstellung stehen. Wenn dies der Fall ist, kann die Spannungsquelle

eingeschaltet werden und die Spannung langsam auf circa 0,3 V eingestellt werden. Danach wird vorsichtig am Regler für die Stromstärke gedreht, bis ein Strom von etwa 10 A erreicht wird. Der Betreuer sollte darauf achten, dass dieser Wert als Maximalwert für den Strom eingehalten wird, um Kabelschäden zu vermeiden. Nun kann ein Mitglied der Gruppe mit einem Kugelschreiber oder einem ähnlichen Gegenstand an die Plexiglasscheibe klopfen. Es sollte dann eine Ausrichtung der Feilspäne erkennbar werden. Ideal wäre es, wenn die Schüler erkennen, dass das Magnetfeld einer Spule im Wesentlichen dem eines Stabmagneten entspricht.

In ihrem Handout sind von den Schüler nun die Magnetfeldlinien so einzeichnen, wie sie zuvor gesehen wurden. Der Betreuer sollte darauf achten, dass die Zeichnungen qualitativ richtig sind, sich Feldlinien also nicht kreuzen oder im Bild plötzlich enden.

Der Versuch ist als Verdeutlichung dafür gedacht, dass durch den Strom in einer Spule ein Magnetfeld erzeugt wird, das dem eines Stabmagneten entspricht. Zum Teil ist den Schülern der Versuch eventuell schon bekannt, dann dient er als Wiederholung.

Versuch 5:

Bei diesem Versuch geht es darum, den Schülern konkret zu zeigen, wie eine Induktionsspule im Straßenverkehr arbeiten kann. Die Umsetzung in der Technik ist jedoch wesentlich aufwändiger, als im Rahmen des Labors gezeigt werden kann. Dort sind die Spulen an einen Schwingkreis angeschlossen, der seine Frequenz ändert, wenn ein Fahrzeug darüber fährt. Zur Veranschaulichung des vereinfachten Grundprinzips ist der Versuch dennoch geeignet.

Die Schüler haben an ihrem Arbeitsplatz eine Fahrbahn aus Kunststoff, zwei Laborhebebühnen (Laborboys), Verbindungskabel, das Spannungsmessgerät und ein Modellauto. Ihre Aufgabe ist es, die Fahrbahn so auf den Laborboys zu positionieren, dass eine Spule samt Eisenkern aus den vorangegangenen Versuchen problemlos darunter positioniert werden kann. Danach wird der Messbereich möglichst empfindlich gestellt und das Modellauto auf der Fahrbahn über der Spule bewegt. Es sollte dann ein Ausschlag erkennbar sein.

Es ist zu erwähnen, dass ein möglichst altes Modellauto verwendet werden sollte, da dort der Eisenanteil höher ist, als bei neueren Modellen (diese bestehen überwiegend aus Aluminium!). Es wurde im Dezember das selbe Auto verwendet, wie im Februar. Bei der ersten Labordurchführung war stets ein Spannungsstoß messbar, im Dezember leider nicht. Daher wurde zusätzlich ein kleiner Eisenkern am Auto befestigt oder in einem Versuchswagen abgelegt. Im Gespräch mit den Schülern konnte der Betreuer auf den Versuch 2 zurückgreifen und so

erklären, warum bei einem Modellauto aus Aluminium kein Ergebnis messbar war. Warum im Februar die Messung geglückt ist, ist unklar.

Versuch 6:

Um einen Sensor zu erklären, der sehr vielen Schülern aus ihrer Alltagswelt bekannt ist, wurde bei Versuch 6 der Tacho eines Fahrrads nachgebaut. Dazu war eine Felge samt Stativ und Magnet, eine Spule mit Kern, ein Laborboy, zwei Verbindungskabel und ein Digitalzähler nötig. Bereits im Seminar zum Schülerlabor wurde an der Felge ein Permanentmagnet befestigt. Die SchülerInnen hatten nun die Aufgabe, die Spule an den Digitalzähler anzuschließen und diesen korrekt einzustellen. Die Schwierigkeit bei diesem Versuch liegt zum einen in der Bedienung des Digitalzählers, da dieser weit mehr kann, als für diesen Versuch benötigt. Mit seinen zahlreichen Knöpfen und Einstellmöglichkeiten kann das Gerät leicht Verwirrung stiften. Zum anderen ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen Magnet und Spule so eingestellt ist, dass pro Umdrehung des Rades auch genau ein Impuls gezählt wird. Ist der Abstand zu groß, wird kein Impuls gezählt, ist er zu klein, werden meist zwei Impulse gezählt, nämlich wenn der Magnet sich nähert und wenn er sich wieder wegdreht. Das führt im Gerät zu Störungen und es werden zum Teil 50 Umdrehungen für eine Runde des Rades angezeigt. Der dritte Knackpunkt bei diesem Versuch ist sicherlich, dass das Rad von Hand gedreht werden muss. Dadurch verändert sich sehr leicht die Geschwindigkeit, was natürlich wieder dazu führt, dass der Abstand von Magnet zur Spule nachgeregelt werden muss, um eine eindeutige Zählung zu erhalten. Vom experimentellen Aufwand ist dieser Versuch der schwierigste Versuch der Station. Der Aufbau ist in Abb. 14 zu erkennen.

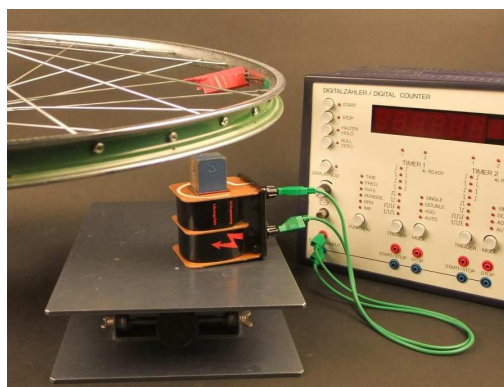


Abb. 14 Versuchsaufbau Versuch 6 an der Station „induktiven Sensoren“

Wenn es den Schülern gelungen ist, den Aufbau passend einzustellen, sollen sie eine Zählung starten und gleichzeitig mit einer Stoppuhr die Zeit nehmen. Aus den gezählten Umdrehungen nach $t = 10$ s und $t = 30$ s ist die jeweilige Durchschnittsgeschwindigkeit zu berechnen. Dazu ist der Umfang des Rades mit $U = 2$ m angegeben. Die Ergebnisse werden hierbei von Gruppe zu Gruppe variieren, am Ende sollte aber immer auf Plausibilität geprüft werden. Dazu ist einfach ein Vergleich der beiden Geschwindigkeiten nötig, wobei die Durchschnittsgeschwindigkeit nach $t = 30$ s geringer sein muss, als die nach $t = 10$ s.

Versuch 7:

Dieser Versuch wurde erst nach der Durchführung im Februar hinzugefügt, um im Dezember einen größeren Anreiz für die Schulklassen zu schaffen, das Labor zu besuchen. Es geht hierbei um die Tonabnehmer in einer E-Gitarre. Das Instrument an sich ist jedem Schüler und jeder Schülerin bekannt, aber dass die Technik, die dahinter steckt, mit dem Wissen aus dem Labor erklärbar ist, dürfte für die Schüler neu sein. Sie haben die Möglichkeit, an einer echten E-Gitarre die Tonabnehmer genauer anzuschauen. Dazu wurden zusätzliche Tonabnehmer angeschafft, die soweit geöffnet wurden, dass das Innenleben klar erkennbar war. Die Schüler konnten die Wicklungen der Spulen eindeutig erkennen und nachprüfen, dass im Inneren der Spulen tatsächlich kleine Magneten sind. Mit dem Vorwissen aus Versuch 3 konnte dann auch das Funktionsprinzip hergeleitet werden. Die schwingende Stahlsaite vor dem Magneten in der Spule erzeugt dort eine induzierte Spannung. Diese wird über das Anschlusskabel an einen Verstärker weitergeleitet, dort verstärkt und über einen Lautsprecher in Schallwellen umgewandelt. Die Schüler durften auf der Gitarre spielen und sich davon überzeugen, dass unterschiedliche Tonabnehmer einen anderen Klang erzeugen.

Sollte das Labor erneut durchgeführt werden, wäre es empfehlenswert, einen der geöffneten Tonabnehmer oder die Gitarre selbst über das Klinkenkabel an den Eingang eines Oszilloskops anzuschließen. Dadurch werden die erzeugten Schwingungen sichtbar, und der Bezug zur Physik wird noch deutlicher.

Die gesamte Station „induktive Sensoren“ wurde im Dezember jeweils mit zwei Gruppen gleichzeitig durchgeführt und dabei von einem Betreuer alleine beaufsichtigt. Dadurch, dass die Grundlagenversuche zu Beginn der Station sehr ähnlich sind, ist der Bedarf an Versuchsmaterial relativ gering.

Bedingt durch die parallele Durchführung und den Mangel an einem zweiten Digitalzähler oder beispielsweise einer zweiten Gitarre, mussten teilweise geringfügige Änderungen im Ablauf vorgenommen werden. So war zunächst eine Gruppe bei Versuch 4, während die andere Gruppe den fünften Versuch vorgezogen hat. Danach haben beide Gruppen den Arbeitsplatz und damit den Versuch getauscht. Auch beim Fahrradtacho und der E-Gitarre wurde so verfahren, wobei es dadurch zu keinerlei Komplikationen kam.

5.2. Die Station „passive Infrarotsensoren“

Bei dieser Station ging es darum, verschiedenste Infrarotsensoren vorzustellen, aber auch ihre Schwachpunkte herauszufinden. Zu Beginn der Station wurde in einem einleitenden Text erklärt, was der Begriff „infrarot“ überhaupt bedeutet. Zudem liegt am Arbeitsplatz ein laminiertes Informationsblatt aus, auf dem die verschiedenen Arten der elektromagnetischen Wellen zu sehen sind. Dort sind die zugehörigen Frequenzen und Wellenlängen angegeben. Den Schülern wird verdeutlicht, dass der Mensch diese Art von Strahlung zwar nicht sehen, sie aber dennoch für sich nutzen kann. Es geht in dieser Station weniger um die Funktionsweise der Sensoren, wie vielmehr um das breite Spektrum der Anwendung und den Alltagsbezug.

Versuch 1:

Für diesen einleitenden Versuch benötigen die Schüler eine Fernbedienung (z. B. von einem Videorekorder), einen Infrarottester, eine Taschenlampe und ein Oszilloskop. Der Infrarottester muss an den Eingang des Oszilloskops angeschlossen und eingeschaltet werden. Auch das Oszilloskop muss in Betrieb genommen werden. Bei Bedienungsfragen sollte der Betreuer weiterhelfen. Ohne die Fernbedienung oder die Taschenlampe sollte auf dem Bildschirm etwa mittig eine horizontale Linie erkennbar sein. Wird dann die Fernbedienung auf den Sensor gerichtet und ein beliebiger Knopf gedrückt, so wird auf dem Display ein gepulstes Signal erkennbar. Je nach Einstellung des Oszilloskops kann man sogar Unterschiede zwischen den Signalen der einzelnen Knöpfe erkennen. Danach sollten die Schüler die Taschenlampe auf den Sensor richten. Dabei sieht man, wie sich die horizontale Linie im Bild als Ganzes vertikal verschiebt. Die Schüler erkennen, dass im Gegensatz zum gezielten Signal der Fernbedienung nur eine kontinuierliche Infrarotstrahlung von der Taschenlampe ausgeht. Der Betreuer an dieser

Station kann bei dieser Gelegenheit auch den Bezug zu LEDs und Energiesparlampen herstellen, indem er darauf hinwies, dass dort der Anteil des sichtbaren Lichts im Verhältnis zur abgestrahlten Infrarotstrahlung deutlich höher ist.

Für den anschließenden Zusatzversuch wurden die Schüler im Vorfeld gebeten, eigene Digitalkameras oder Handys mit Kamerafunktion mitzubringen. Nun sollten sie die Vorderseite der Fernbedienung erst mit bloßem Auge und dann über das Display der Kamera oder des Handys betrachten. Dabei fiel auf, dass ein roter Leuchtpunkt auf dem Bildschirm erkennbar war, der mit dem Auge nicht zu sehen war. Dieser „Trick“ ist hauptsächlich dazu gedacht, den Schülern einen Versuch mit an die Hand zu geben, den sie leicht auch zuhause vorführen können, wodurch sie eventuell auch zu weiterführenden Gesprächen angeregt werden.

Versuch 2:

Nachdem die Schüler im ersten Versuch die Infrarotstrahlung über das Oszilloskop sichtbar gemacht haben, dreht sich dieser Versuch darum, wie es möglich ist, trotz Dunkelheit mit Hilfe von Infrarotstrahlung sehen zu können. Dazu liegt eine Türspion – Kamera für die Schüler bereit. Diese wird direkt an den Eingang eines Beamers angeschlossen. Danach wird ein Löffel unter Aufsicht des Betreuers mit einem Bunsenbrenner so lange erhitzt, bis er beginnt rot zu glühen. Der Raum wird dann komplett abgedunkelt und die Kamera auf den heißen Löffel gerichtet. Abb.15 zeigt den prinzipiellen Versuchsaufbau.



Abb. 15 Versuchsaufbau Versuch 2 an der Station „passive Infrarotsensoren“

Im Beamerbild erkennt man trotz vollkommener Dunkelheit im Raum Umrisse von Personen und vor allem den Löffel. Dieser leuchtet weiß im sonst grauen Bild. Der Löffel hört relativ schnell auf, rot zu leuchten, aber auch danach ist er über die Kamera noch deutlich erkennbar. Die

Schüler erkennen bei diesem Versuch, dass jeder Körper Wärmestrahlung abgibt. Durch den Vergleich des Löffels und den Umrissen der Personen ist auch erkennbar, dass ein heißerer Körper mehr Infrarotstrahlung abgibt, als ein Kälterer. Diese Beobachtungen können im Handout festhalten werden.

Danach wird im Skript kurz erklärt, wie der Sensor auf Infrarotstrahlung reagiert und warum es sich bei den betrachteten Sensoren um „passive“ Infrarotsensoren handelt.

Versuch 3:

Dieser Versuch bildet die Grundlage für die Nachfolgenden. Es geht darum, sich mit dem Umgang mit den Infrarotthermometern vertraut zu machen. Dazu wird die Handhabung kurz geschildert, bevor die Schüler mit dem Experimentieren fortfahren. Die Aufgabe besteht darin, ein Becherglas mit heißem Wasser zu füllen und dann die Temperatur des Glases aus verschiedenen Entfernungen zu messen. Dabei ist festzustellen, dass die Temperatur mit zunehmendem Abstand deutlich abnimmt. Diese Erkenntnis sollen die Schüler bei den anschließenden Versuchen im Hinterkopf behalten, wenn sie mit mehreren Thermometern gleichzeitig das gleiche Objekt messen möchten. Um nämlich möglichst viele Schüler mit einzubeziehen liegen pro Station drei Thermometer aus.

Versuch 4:

Nachdem die Schüler in Versuch drei gesehen haben, dass die Temperaturmessung sehr stark vom Abstand abhängt, soll dieser Versuch auf den Emissionsgrad eines Körpers hinweisen. Dazu werden verschiedene Probekörper in einen Wasserkocher etwa fünf Minuten erhitzt. Die Körper haben alle die gleiche Größe und sind an einer Schnur befestigt, um sie wieder aus dem heißen Wasser zu holen. Die verfügbaren Materialien sind in Abb. 16 zu sehen.



Abb. 16 Versuchsaufbau Versuch 4 an der Station „passive Infrarotsensoren“

Während die Körper aufheizen, werden die Schüler bereits gefragt, welche Ergebnisse sie vorab für die Temperaturen erwarten. Vermutlich wird die Antwort sein, dass alle Testgegenstände die gleiche Temperatur haben müssten. Bei der anschließenden Messung wird festzustellen sein, dass die gemessenen Temperaturen deutlich voneinander abweichen. Die Werte von Holz, Kork, Kunststoff und Stein sind in etwa gleich, aber der Aluminiumkörper fällt aus der Reihe.

Es wird dann im Handout erklärt, dass diese Besonderheit am Emissionsgrad der Materialien liegt. Das Thermometer ist auf einen Wert von $\varepsilon = 0,95$ voreingestellt. Dieser Wert entspricht relativ gut den tatsächlichen Werten der meisten Materialien, die gemessen werden. Bei Aluminium liegt der Emissionsgrad allerdings bei $\varepsilon = 0,04$, was den Ausreißer in der Messreihe erklärt. Es wird im Skript auch erklärt, dass bei gleicher Temperatur ein Körper umso mehr Wärmestrahlung abgibt, je höher sein Emissionsgrad ist.

Die wichtigste Beobachtung soll also sein, dass eine berührungslose Temperaturmessung vom Emissionsgrad des gemessenen Materials abhängt und dass diese Unterschiede zu fatalen Messfehlern führen können.

Versuch 5:

Den Schülern sollte bereits aus dem Themengebiet der Optik bekannt sein, dass ein Lichtstrahl an einer Grenzfläche reflektiert werden kann, zum Beispiel an einem Spiegel. Der nun folgende Versuch soll zeigen, dass auch die Infrarotstrahlung reflektiert werden kann. Dadurch wird einerseits ein Bezug zur Optik hergestellt und andererseits wird der Versuch bewusst mit einem Gegenstand aus dem Alltag durchgeführt, um den Schülern Wissen mitzugeben, das in Notfällen sehr hilfreich sein kann. Der Alltagsgegenstand, der angesprochen wurde, ist seit Juli 2000 in jedem Erste-Hilfe-Kasten im Auto gesetzlich vorgeschrieben, nämlich die Rettungsdecke. Dabei handelt es sich um eine sehr dünne Folie mit einer goldenen Beschichtung auf der einen Seite und einer silbernen Oberfläche auf der anderen Seite. Trotzdem, dass die Rettungsdecke seit mittlerweile zehn Jahren vorgeschrieben ist, kann kaum ein Autofahrer mit Sicherheit behaupten, welche Seite zu einem Verletzten hin zeigen soll und welche die Außenseite ist.

Um das herauszufinden, ist Versuch 5 gedacht. Die Schüler haben Rettungsdecken und Infrarotthermometer. Die Decke soll mit der silbernen Seite zu den Schülern zeigend über eine Tafel oder Tür gehängt werden und dann soll von unterschiedlichen Standpunkten aus die Temperatur gemessen werden.

Danach wird ein Mitglied der Gruppe etwa 20 Zentimeter vor die Decke gestellt. Die anderen Schüler messen nun die Temperatur auf der Folie erneut und erkennen, dass die Wärmestrahlung, die von der Person vor der Decke ausgestrahlt wird, an der Rettungsdecke reflektiert wird. Die jeweils gemessenen Werte können auf dem Handout festgehalten werden. Danach wird die Decke umgedreht, und die Messung erneut durchgeführt. Die Schüler sollten dabei darauf achten, dass sie bei jeder Messung etwa den gleichen Abstand zur Folie haben (vgl. Versuch 3). Beim abschließenden Vergleich der beiden Messwerte fällt auf, dass der gemessene Wert für die silberne Seite geringfügig höher ist, als der der goldenen Seite.

Es wird im Handout erklärt, dass es zwar theoretisch sinnvoller ist, die silberne Seite nach Innen zu legen, um eine Person vor Kälte zu schützen oder die goldene Seite nach Innen zu legen, um bei einem Hitzschlag die Sonnenstrahlung abzuhalten, dass es aber vor allem wichtig ist, die Decke zu verwenden. Denn oftmals schrecken Personen vor dem Gebrauch der Decke zurück, weil sie Angst haben, sie falsch einzusetzen. Falsch wäre aber nur, die Decke im Auto zu lassen!

Versuch 6:

Bei diesem Versuch geht es um infrarotsensible Bewegungsmelder. Die Schüler erhalten einen Bewegungsmelder aus dem Baumarkt, eine Rettungsdecke und ein Tafellineal. Der Lautsprecher erzeugt normalerweise mit einem Piezoelement einen Schalldruck von 110 dB. Da diese Lautstärke nicht zumutbar ist, wurde der Lautsprecher in einem Karton in schalldämpfenden Kunststoff eingepackt, sodass der Alarmton in annehmbarer Lautstärke zu hören ist. Um den Alarm scharf zu stellen, müssen die Schüler zunächst eine Wiederholungsfrage zum Thema Frequenzbereich der Infrarotstrahlung beantworten. Dadurch erhalten sie den Code, um die Alarmanlage einzuschalten. Nachdem die Kontrolllampe auf dem Bedienteil erloschen ist, ist die Alarmanlage scharf. Die Schüler sollen zunächst ein Tafellineal vor dem Sensor bewegen. Dabei dürfte kein Alarm ausgelöst werden. Danach kann versucht werden, mit Hilfe einer Rettungsdecke an der Alarmanlage vorbei zu schleichen. Im Informationstext steht, dass der Bewegungsmelder nicht auf Bewegungen reagiert, sondern auf veränderte Infrarotstrahlung. Die Schüler haben zuvor gesehen, dass durch Rettungsdecken die eigene Infrarotstrahlung zurückgehalten werden kann. Es ist möglich, auf diese Weise ohne Alarm auszulösen an der Anlage vorbei zu laufen, aber es ist nicht besonders einfach. Zunächst kam meist die Idee, sich in die Decke einzuwickeln, aber auf Anregung der Betreuer haben die Gruppen schnell erkannt, dass sich so auch die Decke erwärmt. Außerdem ist es problematisch, wenn sich viele Leute im

Raum befinden, da die von ihnen ausgehende IR – Strahlung sehr leicht an der Rettungsdecke reflektiert wird und so der Alarm ausgelöst wird. Die einfachste Möglichkeit, den Alarm zu überwinden ist, sich von schräg hinten an den Sensor anzunähern und die Decke vor den Sensor zu halten. Danach kann man den Bereich, der überwacht wird, problemlos passieren.

5.3. Die Station „Regensensor“

Im Gegensatz zur Station mit passiven Infrarotsensoren versucht diese Station nicht möglichst viele Sensoren vorzustellen, die nach einem bestimmten Prinzip funktionieren, sondern betrachtet einen Sensor genauer. Dabei wird vor allem die Funktionsweise näher untersucht und die Schüler haben die Gelegenheit, selbst einen Regensensor zu bauen. Ihr Modell können sie dann mit einem Originalbauteil vergleichen und dort die einzelnen Komponenten wiederfinden.

Der Regensensor eignet sich gut für die Betrachtung der genauen Funktionsweise, weil ein physikalischer Effekt ausgenutzt wird, der sehr deutlich sichtbar gemacht werden kann und den die Schüler bereits aus dem Optikunterricht kennen.

Versuch 1:

Dieser Versuch ist als Einstieg in das Thema Totalreflexion gedacht. Für die Schüler ist er sicherlich bereits bekannt, aber die Wenigsten konnten ihn schon einmal selbst durchführen.

Für die Betreuer ist zu beachten, dass bereits einen oder zwei Tage vor dem Labor die Gelatine anzusetzen ist, damit diese komplett durchkühlen kann. Bei der Durchführung des Labors wurde bewusst die Entscheidung getroffen, Götterspeise statt Gelatine zu verwenden, da der Rote Laser darin einen sehr deutlichen Kontrast erzielt. Für das Ansetzen der Götterspeise ist wichtig, doppelt so viel Pulver, wie im Rezept vorgesehen, zu verwenden. Abb. 17 zeigt das Bild, das auch im Schülerhandout den Aufbau erklären soll.



Abb. 17 Versuchsaufbau Versuch 1 an der Station „Regensensor“

Bei dem Versuch an sich sollen die Schüler in einem abgedunkelten Raum das vorbereitete Becken mit Götterspeise auf die Tischkante stellen und zunächst mit einem handelsüblichen Laserpointer parallel zur Tischplatte hineinleuchten. Sie sehen, dass der Laserstrahl an kleinen Teilchen in der Götterspeise gestreut wird und der Strahlverlauf so zu erkennen ist. Dabei fällt auf, dass die Dämpfung im Becken so groß ist, dass der Lichtstrahl nicht bis an das Ende des Beckens zu sehen ist. Nun sollen die Schüler nicht mehr waagrecht in das Becken leuchten, sondern leicht schräg. Dabei kann beobachtet werden, was passiert, wenn der Laserstrahl an die Grenzfläche von Götterspeise zu Luft trifft.

In Vorversuchen war es problemlos gelungen, einen gebrochenen Lichtstrahl zu erkennen. Bei der Labordurchführung hingegen haben die Betreuer berichtet, dass bei nahezu jedem beliebigen Einfallswinkel Totalreflexion aufgetreten ist. Dieser Punkt wurde bei der nachträglichen Überarbeitung der Handouts berücksichtigt.

Als dritter Schritt in diesem Versuch war nun gedacht, den Einfallswinkel stetig weiter zu erhöhen und ab einem bestimmten Grenzwinkel dann Totalreflexion zu erkennen. Da dieser Effekt allerdings schon vorher beobachtet wurde, wird dieser Versuchsschritt mit dem Vorherigen zusammengefasst.

Im Anschluss an diesen Versuch wird im Skript noch einmal wiederholt, dass es sich bei dem gesehenen Effekt um Totalreflexion handelt. Es wird auch erklärt, dass Totalreflexion erst ab einem bestimmten Winkel, dem Grenzwinkel, zu beobachten ist und dass dieser Winkel von den Brechzahlen der jeweiligen Medien abhängt. Zur Veranschaulichung sind in einer Tabelle verschiedene Werte von Brechzahlen angegeben.

Die Schüler sollen dann einen vorgegebenen Lückentext vervollständigen. Darin wird festgehalten, dass Totalreflexion nur beim Übergang eines Lichtstrahls von einem optisch dichteren zu einem optisch dünneren Medium auftritt und dann auch erst ab einem bestimmten Grenzwinkel, der von den Brechzahlen abhängt.

Den Schülern wird anschließend im Handout gezeigt, dass dieser Grenzwinkel auch mathematisch exakt berechnet werden kann. Dazu wird das aus dem Optikunterricht bekannte Gesetz von Snellius verwendet.

Im Bewusstsein, dass für Schüler der neunten Jahrgangsstufe die Umkehrfunktionen der trigonometrischen Funktionen unbekannt sind, ist anschließend eine Grafik gegeben, in der der Grenzwinkel der Totalreflexion als Funktion der Brechzahl n aufgetragen ist. Dabei werden die Übergänge von einem beliebigen Medium zu Luft betrachtet, da diese für die weiteren Versuche

wichtig sind. In einem zweiten Lückentext wird den Schülern die Aufgabe gestellt, zwei verschiedene Grenzwinkel aus der Grafik abzulesen. Sie sollen sowohl den Grenzwinkel beim Übergang von Wasser zu Luft, als auch von Glas zu Luft bestimmen. Dabei fällt eine deutliche Abweichung der beiden Werte auf und im Text wird erklärt, dass der Regensensor am Auto genau diesen Unterschied ausnutzt.

Versuch 2:

Der Versuch hat an sich nur wenig mit dem Regensensor zu tun, aber er verdeutlicht zum Einen sehr schön, was Totalreflexion bewirkt und ist zum Anderen mit geringstem Materialaufwand durchführbar. Dadurch kann er auch zuhause nachgestellt werden.

Die Schüler erhalten als Versuchsmaterial einen Plastikbecher, Tesafilm, einen Nagel und einen Laserpointer. Für die Durchführung des Versuches sollen sie mit dem Nagel ein Loch von etwa zwei Millimetern Durchmesser in den Becher stechen. Das Loch soll circa einen Zentimeter über dem Becherboden liegen. Danach soll ein zweites Loch in den Becher gestochen werden, das dem Ersten direkt gegenüberliegt. Mit dem transparenten Tesafilm wird nun wieder eines der beiden Löcher dicht abgeklebt. Die Schüler sollen nun mit einem Finger die zweite Öffnung verschließen und den Becher zu drei Vierteln mit Wasser füllen. Dann soll ein Mitglied der Gruppe mit dem Laserpointer so auf den Becher zielen, dass der Lichtstrahl durch die Öffnung mit dem Tesafilm auf die zweite Öffnung fällt. Wenn der Laser ausgerichtet ist, kann der Finger vor dem Loch weggenommen werden. Das Wasser läuft dann heraus und trifft auf das Becken. Wenn der Versuch ideal funktioniert, erkennt man am Auftreffpunkt im Becken einen Leuchtpunkt. Die Erklärung hierfür ist, dass der Laserstrahl im Wasser eingeschlossen wird und durch die Totalreflexion auch darin gefangen bleibt. Erst am Auftreffpunkt im Becken wird der Lichtstrahl dann wieder sichtbar, wie es in Abb. 18 zu sehen ist.

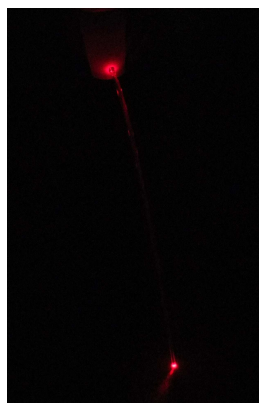


Abb. 18 Versuchsaufbau Versuch 2 an der Station „Regensensor“

Als das Labor entwickelt wurde, war noch nicht klar, dass es in den Räumen der ehemaligen EP I im ersten Obergeschoss stattfinden wird. Dort sind in den Büros jeweils große Waschbecken, an denen der Versuch sehr gut durchgeführt werden kann. In der Versuchsbeschreibung ist daher noch ein Bild mit einem Laborboy und einer Wanne, auf die schließlich jedoch verzichtet werden konnte.

Für die Schüler ist zu beachten, dass durch das Einstecken in den Becher der Rand der Öffnung sehr leicht einreißt. Das kann sich negativ auf den Erfolg des Versuches auswirken. Daher wurde im Vorfeld ein Becher präpariert, bei dem die Löcher mit einem glühenden Nagel eingeschmolzen wurden. Dieser stand den Betreuern als „Vorführbecher“ zur Verfügung.

Versuch 3:

In diesem Versuch ging es nun darum, nachdem die Grundlagen für Regensensoren bereits in den ersten beiden Experimenten geklärt wurden, ein Modell eines Regensensors zu bauen. Dafür hatten die Schüler Laser – Ray – Boxen, Stative, Winkelscheiben, Magnettafeln, magnetische Plexiglasscheiben, Bechergläser, Pipetten sowie einen Laptop mit der Software „Data-Studio“ und einen passenden Lichtintensitätsmesser zur Verfügung.

Wie man der Materialliste entnehmen kann, war dieser Versuch der aufwändigste Teil der gesamten Station. Da vor allem der Aufbau relativ störanfällig ist, wurde dieser Schritt für Schritt, zum Teil mit Bildsequenzen, erklärt. Die Schüler werden zunächst gebeten, den Laptop anzuschalten, damit dieser während dem weiteren Aufbau hochfahren kann. Danach wird erst das Winkelrad an die Tafel geheftet, bevor die Laser – Ray – Box so angebracht wird, dass der Laserstrahl unter einem Winkel von 35° auf den Mittelpunkt der Winkelscheibe fällt. Es wird auch erklärt, wie der Laser einzustellen ist, damit nur ein einzelner Strahl erzeugt wird. Wenn die Ausrichtung soweit vorgenommen ist, kann am Mittelpunkt das Modell der Windschutzscheibe angebracht werden. Der Betreuer sollte hier verdeutlichen, aus welcher Perspektive die Scheibe nun zu sehen ist, wo also das Innere des Autos und wo die Umgebung ist. Das nächste Bild, das gezeigt wird, dient der Kontrolle des bisherigen Aufbaus. Danach wird im Handout erläutert, wie der Lichtsensor am Stativ zu befestigen ist, und wie beziehungsweise wo er in den Strahlverlauf einzubringen ist. Anschließend wird der Sensor verkabelt und an den Laptop angeschlossen, der in der Zwischenzeit hochfahren sein sollte. Im weiteren Verlauf wird dann Schritt für Schritt aufgezeigt, wie das Messprogramm gestartet und eingestellt wird. Dazu wurden Screenshots angefertigt und die benötigten Schaltflächen hervorgehoben. Nun wird in einer Art Checklist

abgefragt, ob alle notwendigen Schritte für den Aufbau durchgeführt wurden und die Sensoreinstellung wird vorgegeben. Die Schüler sollen jetzt die Pipette und das mit Wasser gefüllte Becherglas bereithalten und die Messung starten. Es ist dann erkennbar, dass eine Messreihe aufgezeichnet wird, bei der der Wert konstant sein sollte. Nun soll mit Hilfe der Pipette Wasser von oben auf das Modell der Windschutzscheibe getropft werden, um Regen zu simulieren. Dabei sollen die Schüler sowohl den Lichtstrahl an der Magnettafel als auch die Messkurve beobachten. Es ist zu sehen, dass nun auch Lichtstrahlen, die zuvor im Inneren der Glasscheibe total reflektiert wurden, die Scheibe verlassen. Die Messkurve zeigt einen deutlichen Abfall der gemessenen Strahlungsintensität. Im Handout wird weiter erklärt, wie die Messung zu wiederholen oder abzuschließen ist.

Die Schüler sollen durch diesen Versuch erkennen, dass durch die Störung der Totalreflexion durch die Wassertropfen die Lichtintensität, die am Sensor ankommt, erheblich verringert wird. Warum die Totalreflexion gestört wird, sollte dabei aus den Vorversuchen bekannt sein.

Es wird abschließend noch erwähnt, dass reale Sensoren nicht mit sichtbarem Licht, sondern mit Infrarotlicht arbeiten. Am Arbeitsplatz können die Schüler nun versuchen, am Originalteil die Lichtquellen und die Sensoren wieder zu erkennen.

5.4. Die Organisation des Schülerlabors Sensoren

Im Gegensatz, zur ersten Durchführung des Labors im Februar 2009 war hier die gesamte Organisation dem Autor überlassen. Herr Völker stand beratend zur Seite und konnte mit zahlreichen Tipps an wichtigen Stellen weiterhelfen. Nachdem der Zeitpunkt des Labors für Dezember 2009 festgelegt wurde, mussten die Vorbereitungen auf diesen Termin abgestimmt werden. Zunächst einmal musste das bestehende Skript überarbeitet und die Station zum Regensensor neu erstellt werden. Dazu war neben dem Entwurf eines neuen Skripts auch die Auswahl der Versuche und deren Aufbau zu Testzwecken nötig. Nach einer ersten Durchsicht des neuen Skripts durch Herr Völker wurde dieses noch einmal überarbeitet. Parallel zu den Vorbereitungen des Labors fand ein Seminar unter Leitung von Herr Trefzger und Herr Wilhelm statt, in dem die Studierenden sich gegenseitig ihre Zulassungsarbeiten vorgestellt haben und der Aufbau und Inhalt diskutiert wurde. Aus diesem Seminar wurde die Idee übernommen, die oben gezeigten Symbole am Rand des Handouts zu ergänzen. Da das Labor aus Termingründen im Dezember stattfinden musste und unter dem Semester nicht genügend Räume für die

Durchführung eines Lernlabors geblockt waren, mussten Ausweichräume gefunden werden. Herr Trefzger schlug vor, das Schülerlabor Sensoren und das etwa gleichzeitig stattfindende Schülerlabor Astrophysik im ersten Obergeschoss in den Räumen der ehemaligen EP I durchzuführen. Die beiden Büroräume, der große Versuchsraum und das danebenliegende kleine Büro boten genug Platz, um vier der sechs Stationen unterzubringen. Zusätzlich wurde der Sozialraum im Erdgeschoss und der kleine Raum der Physiksammlung ausgewählt, um dort die beiden anderen Stationen unterzubringen. Da die Räume im Obergeschoss jedoch noch in einem mehr als chaotischen Zustand waren, mussten diese zunächst noch aus- und aufgeräumt werden. Außerdem mussten die Räume noch entsprechend bestuhlt werden. Nachdem die Räume für das Labor vorbereitet waren, war noch zu klären, wo welche Stationen untergebracht werden sollen. Aufgrund der Magnettafeln in den Büroräumen im ersten Stock wurden diese ausgewählt, um dort die Station „Regensensor“ unterzubringen. Dort sollten Versuche durchgeführt werden, für die diese Tafeln benötigt wurden. Um die Lärmbelastung durch die Versuche an der E-Gitarre im Erdgeschoss zu unterbinden, wurden die induktiven Sensoren in den großen Versuchsraum im ersten Obergeschoss gelegt und die passiven Infrarotsensoren konnten im Erdgeschoss behandelt werden, was den Vorteil hatte, dass dort bereits ein Beamer verfügbar war.

Mitte Oktober fand an der Universität Würzburg eine Lehrerfortbildung statt. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde ein Plakat entworfen, auf dem die Inhalte des Labors grob vorgestellt wurden. Dieses und die Poster zu den anderen Schülerlaboren wurden zu diesem Termin ausgehängt und eine Liste ausgelegt, auf der sich die interessierten Lehrkräfte eintragen konnten. Nach der Fortbildung wurde die Liste der Interessenten an die Verantwortlichen der jeweiligen Labore weitergegeben. Die entsprechenden Lehrkräfte wurden dann per Email kontaktiert und gefragt, ob sie noch immer Interesse an einem Schülerlaborbesuch hätten. In ständiger Absprache mit Herrn Völker, Frau Bierschenk und Frau Merkert, zur Vermeidung von Terminkollisionen, wurden den Lehrern verschiedene Termine im Dezember zur Wahl angeboten und es meldeten sich vier Klassen für das hier betrachtete Labor definitiv an. Um den Überblick zu gewährleisten wurde ein Anmeldeformular entworfen, auf dem die Lehrer ihre Kontaktdaten, die Klasse, die zu erwartende Schülerzahl, die Jahrgangsstufe, den Termin und sonstige organisatorisch wichtige Informationen vermerken konnten. Das entsprechende Formular ist in der Anlage beigefügt.

Dennoch stand das größte Problem bei der Organisation des Labors noch aus. Bis drei Tage vor der Labordurchführung hatte sich trotz intensiver Bemühungen noch niemand bereit erklärt, das Labor zu betreuen. Herr Völker konnte schließlich Herrn Christoph Stolzenberger als Betreuer

gewinnen. Er, Herr Simon Englert und Herr Sebastian Reuß erklärten sich kurzfristig bereit, an den späteren Terminen auszuhelfen und die Betreuung einer Station zu übernehmen. Auch Herr Markus Zang und Frau Sabrina Korb stellten sich für eine Labordurchführung als Betreuer zur Verfügung. Dennoch mussten zwei Personen gefunden werden, die die erste Labordurchführung am 2.12.2009 betreuten. Dankenswerterweise erklärten sich zwei Nichtphysiker bereit, mit ihrem Einsatz das Labor zu retten. Es waren dies Frau Daniela Joa und Frau Jessica Müller, beides Lehramtsstudentinnen nicht vertieft mit der Fächerkombination Mathematik und Chemie. Um ihnen die Betreuung weitestgehend zu vereinfachen wurde kurzfristig ein Betreuerhandout entworfen. Dieses basiert auf dem Skript, das die Schüler bekommen sollten und wurde mit etwa zu erwartenden Messergebnissen und Zusatzinformationen zu der jeweiligen Station ergänzt. Weiterhin wurden beide Betreuerinnen ausführlich in ihre Stationen eingewiesen, hatten die Möglichkeit Fragen zu stellen und die Versuche selbst durchzuführen. Wie erfolgreich die Betreuung durch fachfremdes Personal schließlich war, wird die Auswertung im nächsten Kapitel zeigen.

Weiterhin mussten die Inhalte des einführenden Vortrags überarbeitet werden, da zum Beispiel Ultraschallsensoren und piezoelektrische Sensoren nicht mehr behandelt wurden, dafür aber der Regensensor neu hinzu gekommen ist. Dementsprechend mussten diese Stationen aus dem Begrüßungsvortrag entfernt, die Regensensorstation ergänzt und der zeitliche Ablauf angepasst werden.

Für das oben erwähnte Begleitseminar musste zusätzlich ein Vortrag erstellt werden, aus dem die Inhalte des Labors, die Hintergründe und der Ablauf klar werden. Als Vortragstermin wurde der 1.12.2009 festgelegt, also der Tag, vor der ersten Labordurchführung. Aus zeitlichen Gründen wurde der Vortrag relativ kurz gehalten und die einzelnen Stationen nicht vorgestellt. Dafür war an diesem Tag bereits das gesamte Labor aufgebaut und die Seminarteilnehmer hatten die Gelegenheit, die einzelnen Stationen zu besuchen und einen Teil der Versuche selbst auszuprobieren. Der Versuch, an diesem Tag noch kurzfristig Betreuer zu finden, schlug leider fehl.

Auf den Rat von Herrn Völker hin wurden zunächst nur die Skripte für die erste Klasse ausgedruckt, um eventuell auftretende Schwierigkeiten oder übersehene Fehler ausbessern zu können, bevor die restlichen Exemplare endgültig gedruckt werden. Herr Martin war dabei eine große Hilfe und übernahm diese Arbeit. Aufgrund von Krankheit fiel er jedoch leider in der nächsten Woche aus und Herr Klein und Frau Kathrin Löffler waren mir beim Druck und dem

Heften der verbleibenden 75 Exemplare behilflich. Wie dieser Abschnitt deutlich gezeigt hat, gibt es bei der Organisation, Entwicklung und Überarbeitung eines Schülerlabors eine Vielzahl von Punkten, die beachtet werden müssen. Um die Organisation zukünftiger Labore zu vereinfachen soll an dieser Stelle eine Art Checklist erstellt werden, anhand derer, die jeweils Verantwortlichen überprüfen können, ob alle notwendigen Schritte unternommen wurden, um den reibungslosen Ablauf eines Schülerlabors zu gewährleisten. Dazu wird vom Beginn des Seminars angefangen und die Organisationsschritte bis zum Start der Durchführungen aufgelistet. Die Kurzfassung der Checklist ist dem Anhang zu entnehmen.

Zunächst ist zu klären, welchen Inhalt das Labor haben soll. Es muss also ein Thema gewählt werden, wie zum Beispiel Sensoren, Medizin und Physik oder Musik und Physik. Im selben Schritt ist festzulegen, für wen das Labor entwickelt wird, also für welche Jahrgangsstufe und welche Schulart und wann eine Durchführung in etwa geplant ist. Bevor dann die Schülerversuche ausgesucht werden, ist noch zu klären, ob mit dem Labor ein Überblick über ein möglichst weites Feld gegeben werden soll, wie im vorliegenden Fall, oder ob ein bestimmter Themenbereich sehr speziell betrachtet werden soll, wie etwa beim Schülerlabor zum Windkanal. Danach kann damit begonnen werden, Versuche für die entsprechenden Stationen auszusuchen, die möglichst anschaulich den dortigen Inhalt vermitteln und die gut von Schülern selbständig durchgeführt werden können. Dabei geht es zunächst einmal darum, Ideen für Versuche zu sammeln, um später möglichst viel Spielraum bei der endgültigen Auswahl zu haben. Wenn diese Punkte geklärt sind, ist zu überlegen, in welche Teilstationen das Labor aufgeteilt werden soll. Mit dieser Entscheidung sollte auch relativ frühzeitig festgelegt werden, ob die Stationen jeweils nur einfach angeboten werden oder doppelt und ob sie völlig unabhängig voneinander sind, oder aufeinander aufbauen. Wenn für eine bestimmte Station das Vorwissen aus einer anderen benötigt wird, bietet sich ein linearer Aufbau an, bei dem die Stationen mehrmals angeboten werden, damit möglichst alle Schüler gleichzeitig beginnen können. Sind die Stationen nur teilweise voneinander abhängig, wie bei der ersten Durchführung des Labors im Februar, bei dem die Station „Ultraschall II“ die Vorgängerstation „Ultraschall I“ vorausgesetzt hat, und die übrigen Stationen unabhängig voneinander waren, muss bei der Planung nur berücksichtigt werden, dass jede Gruppe bei ihrem Durchlauf zunächst die Grundlagenstation besucht, bevor sie später zur Vertiefungsstation kommt. Bei einem Labor, wie es hier schließlich durchgeführt wurde, bei dem die Stationen völlig unabhängig voneinander sind und die Reihenfolge daher unwichtig ist, ist nur darauf zu achten, dass genug Stationen angeboten werden, um alle Schüler

gleichzeitig mit einzubeziehen, ohne allzu große Gruppen zu bilden. Wie oft die einzelnen Stationen angeboten werden müssen hängt zum einen von der erwarteten Klassen- oder Gruppengröße ab, zum anderen ist entscheidend, wie aufwändig die jeweiligen Versuche sind. Soll etwa ein Versuch durchgeführt werden, für den aufwändige Aufbauten oder teure Geräte benötigt werden, die nur einmal vorhanden sind, muss dies bei der Planung unbedingt berücksichtigt werden. Im betrachteten Labor wurde eigens eine E-Gitarre angeschafft und es war ein Versuch mit einer infrarotempfindlichen Türspionkamera geplant, die ebenfalls nur einmal vorrätig war. Um die drei großen Stationen dennoch doppelt anbieten zu können, wurde der Ablauf so organisiert, dass eine der beiden Gruppen an der entsprechenden Station den Versuch vorgezogen hat, während die andere Gruppe nach dem Skript vorgegangen ist. Dadurch war es möglich, diesen Versuch quasi abwechselnd durchzuführen. Im Vorfeld, also bei der Planung und Entwicklung des Labors, wurde nicht erwartet, dass der Ablauf eine so gewichtige Rolle spielen würde. Nachdem nun die Rahmenbedingungen abgesteckt wurden, beginnt erst der aufwändigste Teil der Entwicklung eines Schülerlabors. Die zu Beginn ausgesuchten, möglichen Versuche müssen aufgebaut und ausprobiert werden, um zu entscheiden, welche nun endgültig ausgewählt werden und welche Versuche eventuell zu schwierig sind. Hier ist vor allem die anzustrebende Jahrgangsstufe und die experimentellen Vorkenntnisse der Schüler entscheidend. Die Experimente sind dann so zu ordnen, dass die daraus entstehende Station eine Struktur erhält, also zum Beispiel Grundlagen- oder Wiederholungsversuche am Anfang stehen. Anschließend kann damit begonnen werden, das Handout zu entwerfen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Formulierungen der Informationstexte und der Versuchsbeschreibungen dem Alter der Schüler entspricht. Da man als Student höchstens während eines Praktikums die Gelegenheit hat, Schülerversuche zu formulieren, ist dieser Punkt mit Sicherheit der schwierigste in der ganzen Gestaltung eines Schülerlabors, da es ungewohnt ist, abzuschätzen, ob die gegebenen Erklärungen für die Schüler verständlich sind. Weiterhin ist es problematisch einzustufen, wie viel Zeit für einen Teilversuch an einer Station benötigt wird. Dieser Aspekt ist aber ungemein wichtig, um die Länge der einzelnen Stationen aufeinander abstimmen zu können. Bei diesen beiden Punkten war die Diskussion im Seminar und die Einschätzung durch Herrn Völker sehr hilfreich. Es wurde also eine Vorabversion des Handouts erstellt, die dann überarbeitet werden musste. Parallel zu diesen Vorbereitungen sollte man auch beginnen, Betreuer für die Labordurchführung zu finden, damit diese genügend Zeit haben, den Termin einzuplanen. Neben der Betreuerplanung ist auch die Raumplanung für die Labordurchführung äußerst wichtig. Soll

das Labor während dem Semester stattfinden oder in der Vorlesungsfreien Zeit? Während dem Semester findet man in der Regel genügend Betreuer, während diese in den Semesterferien unter Umständen nach Hause fahren. Dafür ist die Raumplanung dann schwieriger. Da aktuell aber die Räume der ehemaligen EP I im ersten Obergeschoss mitgenutzt werden können und der Seminarraum 6 an zwei Vormittagen in der Woche für das Schülerlabor geblockt ist, bleibt das Raumproblem überschaubar. In den Semesterferien stehen zusätzlich die anderen Seminarräume zur Verfügung. Mit der Eröffnung des MIND-Centers wird dieses Problem ohnehin hinfällig. Es bleibt aber noch zu entscheiden, welche Station in welchem Raum untergebracht werden soll. Dabei sind etwaige Besonderheiten der Versuche zu berücksichtigen, wie zum Beispiel die Verwendung eines Beamers, oder die Möglichkeit den Raum vollständig abzudunkeln. Ein wichtiger Aspekt, der bislang noch keine Beachtung gefunden hat, ist der Einführungsvortrag zu Beginn des Tages. In diesem Vortrag sollen die Schüler erfahren, welche Inhalte sie im Labor kennen lernen, wie der zeitliche Rahmen in etwa gesteckt ist und vor allem, wer ihre Ansprechpartner bei Fragen sind. Zudem sollte auch ein räumlicher Überblick gegeben werden. Dabei sollte im vorliegenden Labor noch kein neues Wissen vermittelt werden, sondern möglichst nur das Interesse der Schüler am Labor gesteigert werden. Empfehlenswert ist es, nach Abgabe der Vorabversion des Handouts einen Werbeflyer zu erstellen, auf dem das Labor und vor allem die Inhalte kurz präsentiert werden. Dieser Flyer kann dann verwendet werden, um Interessenten für das Labor zu finden. Anhand der Rückmeldungen auf diese Werbung können die Lehrer dann ganz gezielt von den jeweiligen Verantwortlichen der Labore angeschrieben werden und es kommt ein erster Kontakt zustande. Für die weitere Organisation kann ein Anmeldeformular hilfreich sein. Dieses wurde den Lehrern bei bestehendem Interesse zugeschickt und gilt als verbindliche Anmeldung zum Laborbesuch. Natürlich sind vorher die Termine zu koordinieren. Es wurde noch zusätzlich zum Schülerhandout eine Betreuerversion erstellt. Diese enthielt neben den etwa zu erwartenden Ergebnissen bei Messungen auch zusätzliche Anmerkungen zum Ablauf, Erklärungsansätze oder Verweise auf Anwendungsgebiete. Die Betreuerversion sollte jedoch nur als Vorlage dienen und war keinesfalls eine Musterlösung! Von den Betreuern sind diese Handouts sehr gerne angenommen worden. Wenn die Überarbeitung der Schülerhandouts abgeschlossen ist, können diese in den Druck gehen. Auch eventuell benötigtes Zusatzmaterial, wie zum Beispiel Zusatzinformationen oder Stationsschilder, die laminiert werden sollen, sollten organisiert werden. Aus zeitlichen Gründen wäre es gut, dies spätestens eine Woche vor dem ersten Labortermin zu erledigen. Je

nachdem, wie die Räumlichkeiten für das Labor belegt sind, kann dann der Aufbau des eigentlichen Labors beginnen. Dies sollte ebenfalls nicht zu spät erfolgen. Dadurch bleibt die Möglichkeit offen, eventuell fehlende oder defekte Elemente aus den einzelnen Versuchen auszutauschen oder neu zu organisieren. Außerdem können dann noch die Betreuer an ihren jeweiligen Stationen eingewiesen werden und die Versuche selbst ausprobieren. Es können hierbei Fragen geklärt werden und die Betreuer erkennen die Knackpunkte einer Station. Am Morgen des Labors sollten beim Eintreffen der Schüler alle Betreuer anwesend sein, die Präsentation am Beamer eingestellt sein, die Handouts zum Verteilen bereitliegen und vier Rollen Klebeband und Stifte vorbereitet sein, um Namensschilder für die Schüler anzufertigen. Der weitere Ablauf entsprach beim Schülerlabor Sensoren in etwa den Schilderungen von oben, wobei bei jeder Gruppe individuelle Unterschiede auftraten, auf die flexibel und spontan, aber dennoch überlegt reagiert werden musste. Bei anderen Laboren, die außerhalb der Universität, zum Beispiel in Schulen oder Kindergärten stattfinden kommen natürlich noch einige organisatorische Aspekte hinzu. Als grober Leitfaden für die Organisation eines Labors in den Räumen der Universität dient die Checklist jedoch sehr gut.

6. Auswertung

Nachdem nun die jeweiligen Stationen mit den dort durchgeführten Versuchen einzeln vorgestellt und die Organisation geschildert wurde, soll sich dieses Kapitel mit der Auswertung von Fragebögen beschäftigen, die die Schüler wenige Tage nach dem Besuch des Labors ausgefüllt haben.

Die Fragebögen wurden von Herrn Völker erstellt, der diese auch im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit nutzt.

Für die hier vorliegende Arbeit wurden allerdings nur einige der dort gestellten Fragen ausgewertet, bei denen es vorrangig um das Schülerlabor geht. Fragen nach dem Fachinteresse oder nach Selbsteinschätzungen der Schüler werden hier nicht betrachtet.

Um einen Überblick zu geben, sollen nun zunächst die Fakten des Schülerlabors Sensoren aufgezeigt werden.

Im Dezember 2009 fanden insgesamt vier Labordurchführungen statt.

Am 2.12.2009 war eine neunte Klasse einer Realschule aus der Nähe von Aschaffenburg zu Besuch. Insgesamt bestand die Klasse aus 23 Schülern und 4 Schülerinnen im Alter von 14 bis 17 Jahren.

Eine Woche später, am 9.12.2009 besuchten 19 Jungen und 4 Mädchen einer zehnten Klasse eines Gymnasiums aus dem würzburger Umland die Universität. Das Alter der Schüler lag zwischen 15 und 16 Jahren.

Bereits weitere zwei Tage später besuchte eine zehnte Klasse einer würzburger Realschule das Lernlabor. Die Klasse setzte sich aus 23 Jungen und 4 Mädchen zusammen. Da leider nach mehrmaliger Anfrage nur 10 Fragebögen zurückgeschickt wurden, kann das Alter der Schüler nicht genau bestimmt werden.

Abschließend war noch eine neunte Klasse eines Schweinfurter Gymnasiums zu Gast. Die 20 Schüler und 3 Schülerinnen waren zwischen 14 und 16 Jahren alt.

Es ist zu sehen, dass jeweils eine neunte und eine zehnte Klasse aus einer Realschule und eines Gymnasiums das Labor besucht haben.

Zunächst einmal sollen die Auswertungen der einzelnen Klassen vorgestellt werden, bevor dann ein Vergleich zwischen den einzelnen Schularten aber auch den unterschiedlichen Jahrgangsstufen vorgenommen wird. Eine geschlechtsspezifische Unterscheidung wird nicht

vorgenommen, da die Anzahl der Schülerinnen jeweils zu niedrig ist, um mit Sicherheit Schlüsse ziehen zu können.

Bei der Präsentation der Ergebnisse wird die zeitliche Reihenfolge der Laborbesuche beibehalten.

6.1. Auswertung der neunten Klasse der Realschule

Bevor die Schüler spezielle Fragen zum Labor an sich gestellt bekommen haben, waren sie zunächst einmal aufgefordert, das Schülerlabor „Sensoren“ in Schulnoten zu bewerten. Die Ergebnisse sind aus der folgenden Grafik, Abb. 19, abzulesen:

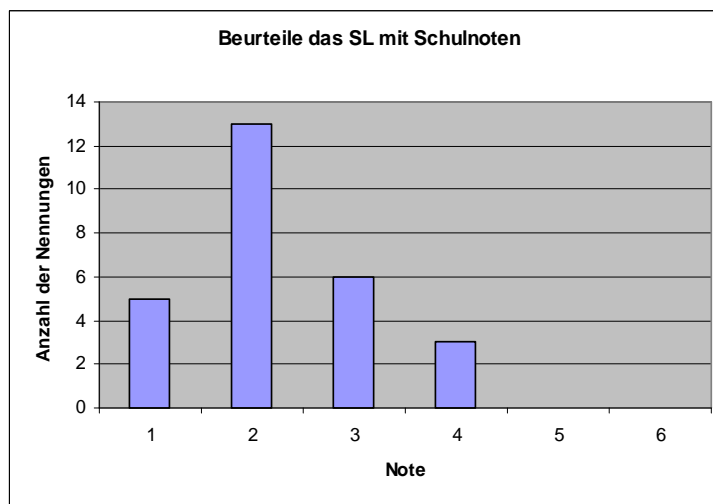


Abb. 19 Benotung des Schülerlabors 9. Klasse Realschule

Die Durchschnittsnote liegt bei 2,26, also einem zufrieden stellenden „gut“. 66% der Schüler bewerteten das Labor mit den Noten „gut“ und „sehr gut“. Die Schüler waren zudem aufgefordert, ihre Notengebung zu begründen. Dabei gaben viele Schüler an, dass das Labor interessant war, Spaß gemacht hat, dass schöne Versuche durchgeführt wurden und dass die Gruppenarbeit abwechslungsreich war. Bei Schülern, die tendenziell schlechtere Noten gegeben haben, also etwa einem Drittel der hier Befragten, ist zu lesen, dass sie sich zum Teil gelangweilt haben, oder dass Experimente bereits bekannt waren. Aus der Tatsache, dass die meisten Stimmen auf die Note 2 entfallen kann man also sagen, dass die Schüler im Großen und Ganzen sehr zufrieden mit dem Schülerlabor waren.

Bei der nächsten Frage wurden die Schülerinnen gebeten, die Betreuung des Labors mit Schulnoten zu bewerten und ihre Wahl zu begründen. Bei den Notenbegründungen fällt auf, dass die Schüler überwiegend das Gefühl hatten, einen netten, kompetenten Ansprechpartner zu

haben, der gerne weiterhilft, aber auch selbständiges Arbeiten zulässt. Hierbei ist zu erwähnen, dass aus Mangel an Betreuern zwei Fachfremde Studentinnen eingesetzt wurden. Trotzdem fällt die Bewertung auffallend positiv auf. Die Benotung der Betreuung wurde in Abbildung 20 aufgezeigt.

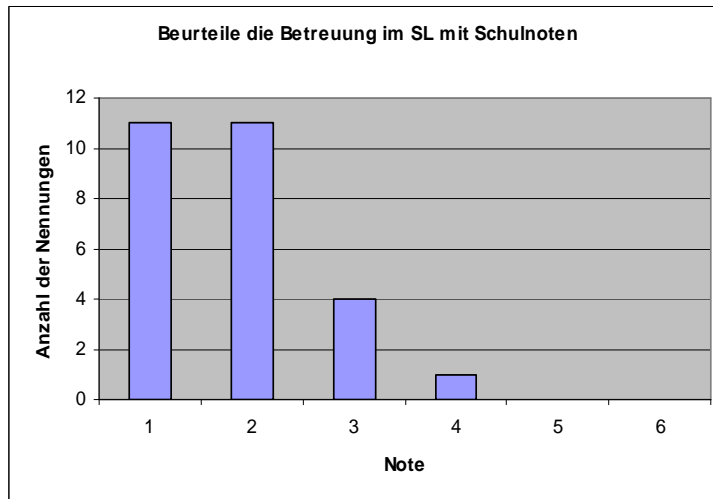


Abb. 20 Benotung der Betreuung 9. Klasse Realschule

Hier errechnet sich eine Durchschnittsnote von 1,81. Über 80% der Schüler bewerteten die Betreuung des Labors als gut oder sogar sehr gut. Die Note ausreichend wurde nur ein einziges mal vergeben. In Anbetracht der Tatsache, dass fachfremde Betreuer eingesetzt wurden, können daraus zwei Rückschlüsse gezogen werden. Zum Einen, dass die Einweisung der Betreuer gut vorgenommen wurde und zum Anderen, dass bei den Schülern mehr die Persönlichkeit der Betreuer wirkt, als das tatsächliche Fachwissen.

Die nächste Frage, die hier betrachtet werden soll, gliedert näher auf, welche Stationen den Schülern am besten gefallen hat.

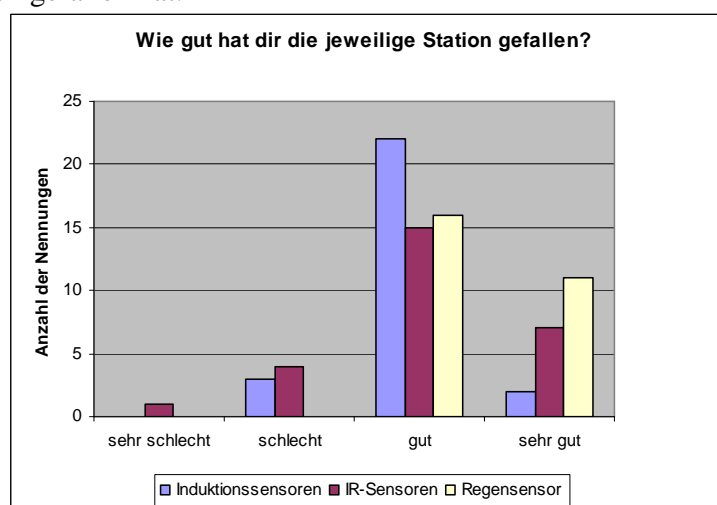


Abb. 21 Persönlicher Eindruck von den Stationen 9. Klasse Realschule

Bei dieser Aufstellung aus Abb. 21 ist auffällig, dass über 90% der verteilten Stimmen für „gut“ beziehungsweise „sehr gut“ abgegeben wurden. Die Station „Regensensor“ hat dabei deutlich am besten abgeschnitten. Bei den „induktiven Sensoren“ könnte eine Gaußverteilung über die Kurve gelegt werden. Es gibt sowohl Schüler, die diese Station besser bewertet haben, als auch solche, bei denen die Station etwas schlechter abgeschnitten hat. Insgesamt wurde sie aber fast durchgehend mit „gut“ bewertet. Lediglich die Station „passive Infrarotsensoren“ schneidet etwas schlechter ab und erhält sogar fünf Stimmen für „schlecht“ und „sehr schlecht“. Dennoch haben etwa 80% der Schüler die Station für „gut“ oder sogar „sehr gut“ befunden. Das heißt, dass sie im Vergleich zu den anderen beiden Stationen zwar schlechter abschneidet, aber dennoch gut bei den Schülern angekommen ist.

Die Schüler wurden dann gefragt, wie selbständig sie an den einzelnen Stationen arbeiten konnten. Ihre Bewertungen können Abb. 22 entnommen werden.

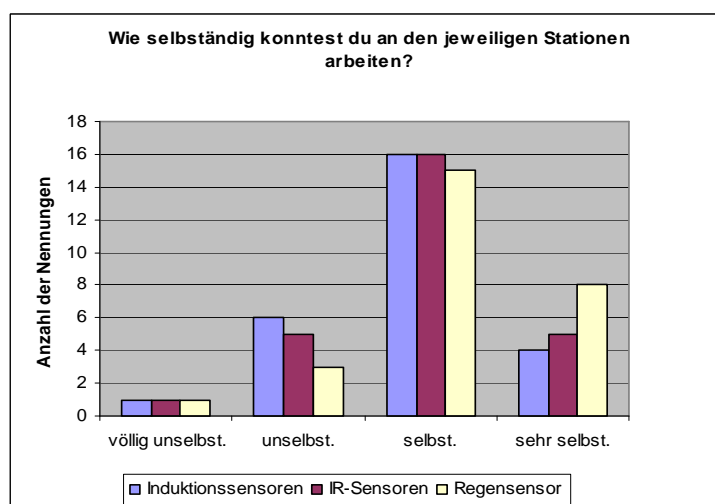


Abb. 22 Empfundene Selbständigkeit an den Stationen 9. Klasse Realschule

Zunächst einmal kann man erkennen, dass an jeder Station einmal angegeben wurde, dass völlig unselbständig gearbeitet werden konnte. Bei erneuter Durchsicht der Fragebögen viel auf, dass ein einzelner Schüler diese Option bei allen drei Stationen gewählt hat. Dieser ist mit 17 Jahren auch der Älteste in der betrachteten Klasse. Es ist leider unklar, ob für ihn Vergleichsmöglichkeiten mit vorangegangenen Schülerlaborbesuchen bestehen, oder auf welche Tatsachen sich seine Wahl begründet. Im Durchschnitt fällt auf, dass die Option „selbständig“ mit Abstand am häufigsten gewählt wurde und auch ein Teil der Stimmen für „sehr selbständig“ verteilt wurden. Dass an der Station zu induktiven Sensoren etwa jeder fünfte Schüler das Gefühl

hatte, nicht selbständig arbeiten zu können, wird darauf zurückzuführen sein, dass dort ein Versuch vom Betreuer vorgeführt wurde und bei dem Versuch mit der E-Gitarre ebenfalls der Betreuer relativ viel erzählt hat. Bei der nächsten Durchführung des Labors könnte der Versuch zum Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters auch den Schülern überlassen werden. Erneut schneidet die Station zum Regensensor besser ab, als die beiden anderen Stationen.

Auf die Frage, ob die SchülerInnen an den jeweiligen Stationen Zeitdruck verspürt haben antworteten sie folgendermaßen (vgl. Abb. 23):

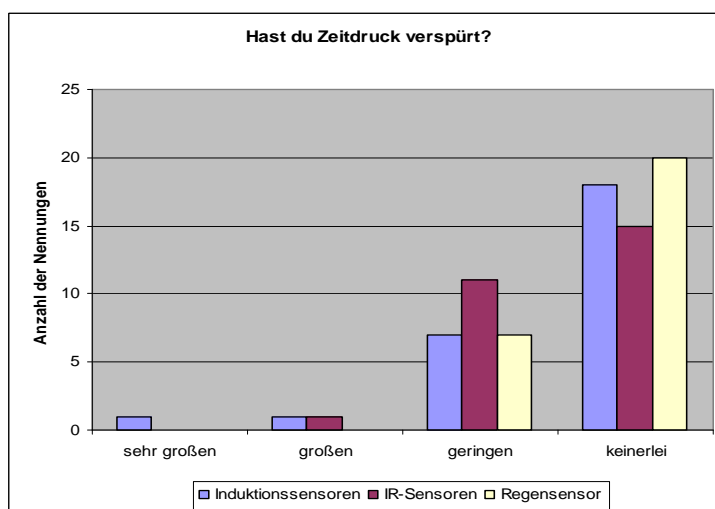


Abb. 23 Empfundener Zeitdruck an den Stationen 9. Klasse Realschule

96% der Schüler gaben an, keinen, beziehungsweise nur geringen Zeitdruck verspürt zu haben. Die Ergebnisse für die Stationen zu induktiven Sensoren und passiven Infrarotsensoren sind durchaus zufrieden stellend, werden jedoch erneut von denen an der Station zum Regensensor übertroffen. Auffällig ist, dass an der Infrarotstation mehr Zeitdruck empfunden wurde. Das deckt sich allerdings damit, dass bereits bei der Durchführung diese Station stets am längsten gedauert hat. Während die beiden anderen Gruppen zum Wechsel bereit waren, hatten die Gruppen bei Infrarotsensoren noch einen oder zwei Versuche durchzuführen. Es könnte darauf zurückgeführt werden, dass dort zwei Experimente von beiden Gruppen zusammen durchgeführt werden mussten, da nur eine Alarmanlage und eine Türspionkamera vorhanden war. Bei den nächsten Durchführungen wurde diese Tatsache berücksichtigt. Das Gesamtergebnis ist vor allem bemerkenswert, weil die Gruppe mit dem Zug angereist war und aufgrund von Anschlussproblemen fast 60 Minuten später als geplant an der Universität eingetroffen ist. Dennoch war es ihnen möglich, die Stationen ohne Zeitdruck zu durchlaufen und mit dem geplanten Zug zurück zu fahren.

Bei der nächsten Frage sollte untersucht werden, wie verständlich die einzelnen Stationen für die Schüler waren. Dabei ist sowohl der Inhalt, als auch das Handout selbst gemeint. Auch in diesem Punkt sind die Antworten sehr zufriedenstellend. Es gaben zwar drei Personen an, die Station zu induktiven Sensoren sehr unverständlich gefunden zu haben, das kann aber daran liegen, dass die Induktion für diese Gruppe noch nicht aus dem Unterricht bekannt war. Fast 57 % der Schüler gaben an, die Stationen seien verständlich gewesen. Bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Stationen gibt es nicht. Es bleibt zu beobachten, wie andere Gruppen bei dieser Frage geantwortet haben.

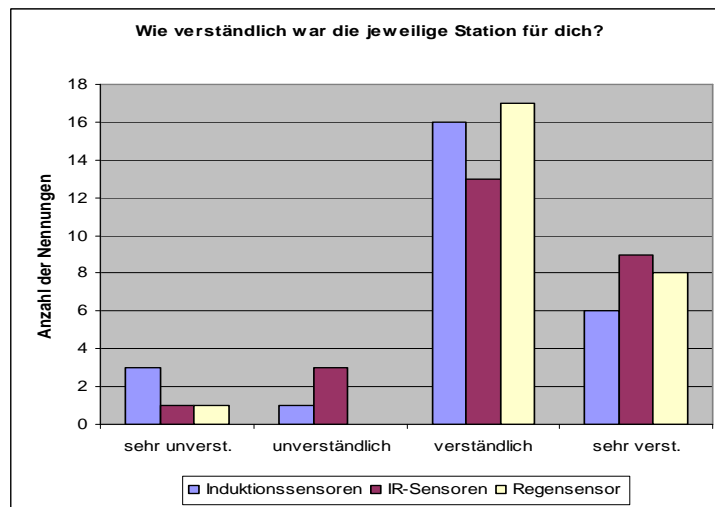


Abb. 24 Verständlichkeit der Stationen 9. Klasse Realschule

Auch in Abb. 24 ist auffällig, dass ein einzelner Schüler alle drei Stationen für sehr unverständlich gehalten hat. Es handelt sich dabei erneut um den Schüler, der schon bei der Frage nach der Selbständigkeit äußerst negativ geantwortet hat. Der Grund für diese Beurteilung bleibt auch hier leider unklar, da nicht herausgefunden werden kann, ob er Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Laboren hat, oder aus anderen Gründen so geantwortet hat.

Frage 7 im Fragebogen hat abgefragt, ob die Betreuung an den einzelnen Stationen als hilfreich empfunden wurde. Die Bewertung deckt sich relativ gut mit der Benotung der Betreuung bei der zweiten Frage. Die erwähnten fachfremden Betreuer waren an den Stationen Infrarotsensoren und Regensensor eingesetzt. Zwar entfallen sieben Stimmen auf „wenig hilfreich“ oder „nicht hilfreich“, aber prozentual gesehen sind das lediglich rund 8 %. Wenn die Betreuung von 92 % der Schüler als (sehr) hilfreich empfunden wurde ist dieses Ergebnis entgegen den Erwartungen sehr gut und zeigt, dass auch Personen mit anderem Studienhintergrund bedenkenlos eingesetzt

werden können, um ein Schülerlabor zu betreuen. Es scheint alleine die Vorbereitung des Betreuerpersonals entscheidend zu sein.

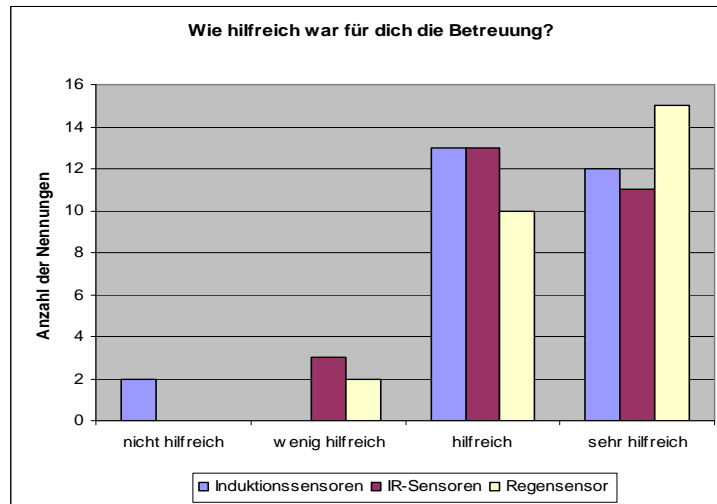


Abb. 25 Beurteilung der Betreuung der Stationen 9. Klasse Realschule

Im Vorfeld zum Lernlabor Sensoren wurde ein Betreuerhandout erstellt, das der Vorbereitung der Betreuer dienen sollte. Darin waren die Lückentexte der Schüler ausgefüllt und erwartete Messwerte vorgegeben. Diese Betreuerversionen enthalten auch Zusatzinformationen zu den einzelnen Stationen oder Hinweise, die an Problemstellen weiterhelfen können. Das überraschend gute Ergebnis bei der Frage nach der Betreuung, wie es in Abb. 25 gezeigt ist, könnte ein Hinweis darauf sein, dass das Erstellen solcher Betreuerversionen durchaus sinnvoll und lohnend ist.

Die letzte Frage, die hier ausführlich ausgewertet werden soll, hat den Lernzuwachs an den jeweiligen Stationen abgefragt. Es geht also darum, ob die Schüler durch das Labor etwas neues erfahren haben, das sie für ihren Alltag mitnehmen konnten. Es ist auffallend, dass in Abb. 26 etwa 35% der Schüler angaben, keinen oder nur einen geringen Lernzuwachs durch das Labor erfahren zu haben. Vor allem an der Station zu induktiven Sensoren war ein deutlich besseres Abschneiden bei dieser Frage erwartet worden. Vor allem für diese Gruppe wurde die Station so gestaltet, dass Induktion Schritt für Schritt eingeführt wurde. Es bleibt zu hoffen, dass die Schüler bei der Behandlung von Induktion im Schulunterricht auf Erfahrungen aus dem Labor zurückgreifen können. Wenn man aber die Bewertungen der drei Stationen betrachtet, liegt das Maximum der vergebenen Stimmen jeweils bei der Antwortoption „hoher Lernzuwachs“. Vor allem die Station zu passiven Infrarotsensoren hat hierbei besonders gut abgeschnitten. Auch bei dieser Frage hat der Schüler, der schon weiter

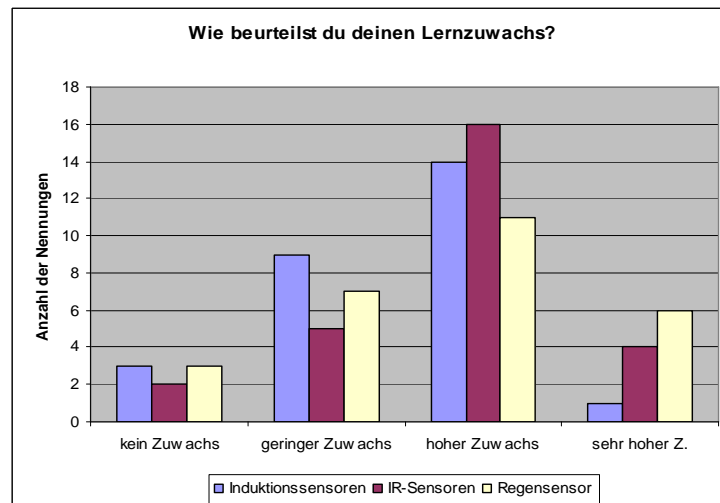


Abb. 26 Lernzuwachs an den Stationen 9. Klasse Realschule

oben sehr negativ geantwortet hat, wieder angegeben, an keiner Station einen Lernzuwachs verspürt zu haben.

Im weiteren Verlauf des Fragebogens sollten die Schüler vorgegebene Aussagen beurteilen.

Dabei gaben 41 % an, der Aussage „Ich hatte die Möglichkeit den Betreuern des Labors fragen zu stellen“ ziemlich zuzustimmen und sogar 55 % stimmten diesem Statement völlig zu. Die verbleibenden 4 % entsprechen genau einem einzigen Schüler oder einer Schülerin und sind daher vernachlässigbar.

Die Anleitung wurde nach eigenen Einschätzungen von einem Drittel der Schüler völlig verstanden und gut die Hälfte der Schüler stimmt der Aussage ziemlich zu. Lediglich vier Personen gaben an, die Anleitung weniger gut verstanden zu haben. Es bleibt zu beobachten, wie sich andere Klassen zu diesem Punkt geäußert haben, um eine erneute Überarbeitung des Skripts in Erwägung zu ziehen.

11 % der Schüler gaben an, beim Finden von Lösungen stark beteiligt gewesen zu sein. Etwa 60 % fühlten sich ziemlich beteiligt bei der Lösungsfindung. Bemerkenswert ist, dass 26 % äußerten, sich weniger beteiligt gefühlt zu haben. Ein einzelner Schüler fühlte sich sogar völlig unbeteiligt. Dieses Ergebnis entspricht auch den Betreuerbeobachtungen. So gab es insgesamt drei Gruppen, in denen einzelne Schüler mehr als Außenseiter mitgeschwommen sind, als sich aktiv zu beteiligen. Der Grund hierfür könnte sein, dass mit insgesamt 27 Schülern an nur 6 Stationen eine Gruppe zwischen 4 und 5 Schülern umfasste. Bei den späteren Laboren wurde versucht, die Gruppengröße besser anzupassen. Auch die Lehrerin hat in ihrem Fragebogen angegeben, dass Gruppen mit 3 Schülern ideal wären.

Knapp die Hälfte der Schüler stimmt der Aussage „Die Betreuergespräche waren mir wichtig“ gar nicht oder nur wenig zu. Für die andere Hälfte der Klasse gilt das Gegenteil. Es deutet sich an, dass die Diskussionen mit den Betreuern für Schüler einen geringeren Stellenwert haben, als zuvor angenommen wurde. Auch dieser Punkt muss bei der Auswertung der anderen Klassen näher betrachtet werden.

Weiterhin wurde abgefragt, ob die Schüler das Gefühl hatten, die jeweiligen Aufgaben gut bewältigen zu können. Lediglich ein Schüler gab an, die Aufgaben seien für ihn nicht zu bewältigen gewesen. Es handelt sich hierbei wieder um den Schüler, der schon bei den obigen Fragen stark abweichende Antworten gegeben hat. Zwei Drittel der Schüler fühlten sich den Aufgaben ziemlich gut gewachsen und knapp 30 % stimmten der Aussage völlig zu. Das lässt den Rückschluss zu, dass die Anforderungen keinesfalls zu hoch waren.

Erfreulich ist auch, dass 66 % der Schüler ihren Angaben zufolge die Alltagsbedeutung der einzelnen Stationen erkannt haben. Das war schließlich das Ziel des Labors.

Zwei von drei Befragten gaben an, zuhause mit Eltern, Geschwistern oder Freunden über das Labor gesprochen zu haben. Das zeigt, dass der Besuch nicht mit dem Verlassen der Universität abgehakt wurde, sondern auch, zumindest mittelfristig, auf die Schüler gewirkt hat. Sie haben sich auch im Nachhinein mit Inhalten aus dem Labor beschäftigt. Nur 11 % gaben an, mit niemandem über das Lernlabor gesprochen zu haben.

6.2. Auswertung der zehnten Klasse des Gymnasiums

Zu Beginn der Betrachtungen steht wieder die Benotung des Schülerlabors. Die Notenvergabe wurde auch hier in eine Grafik, Abb. 27, umgesetzt. Man kann erkennen, dass das Labor durchweg sehr positiv bewertet wurde. Die Durchschnittsnote errechnet sich zu 2,09, also zu einem „gut“. Ganze 73 % bewerteten das Labor mit „gut“ und weitere 13 % wählten sogar die Option „sehr gut“. Bei der Begründung der Notengebung äußerten sich die Schüler dahingehend, dass die Versuche gut gemacht waren, die Betreuung gut war, sie Spaß hatten und der gesamte Besuch sehr interessant war. Es ist auch öfter zu lesen, dass die Schüler gerne wieder ein Lernlabor besuchen würden. Bei den Schülern, die das Labor mit der Note 4 bewertet haben heißt es in der Begründung, die Versuche seien langweilig und das Labor weniger interessant. Nachdem diese beiden Schüler allerdings nur rund 9 % ihrer Gruppe ausmachen, kann die Bewertung insgesamt doch als sehr positiv angesehen werden.

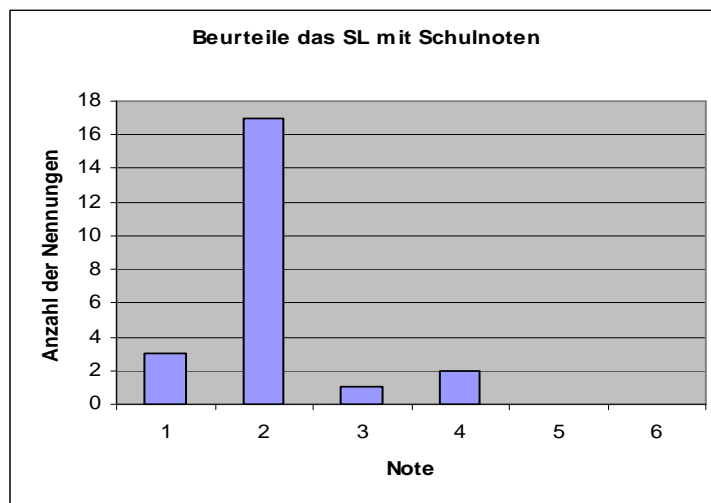


Abb. 27 Benotung des Schülerlabors 10. Klasse Gymnasium

Die Betreuung des Labors wurde von dieser Gruppe folgendermaßen bewertet. 34 % der Befragten gaben dem Labor die Note „sehr gut“ oder „gut“. Ebenso viele entschieden sich für die Note „befriedigend“ und die verbleibenden 32 % bewerteten die Betreuung lediglich als „ausreichend“. Der Notendurchschnitt liegt damit bei 2,87.

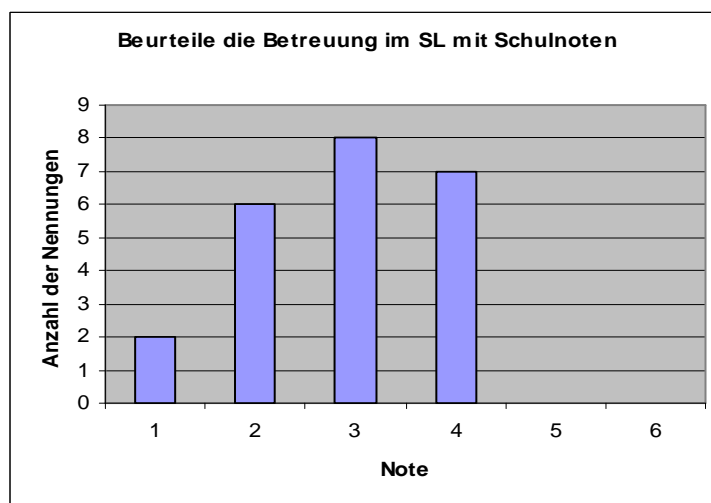


Abb. 28 Benotung der Betreuung 10. Klasse Gymnasium

Als Begründung für die Notenverteilung, wie sie in Abb. 28 zu sehen ist, gaben die Schüler an, die Betreuer hätten gelangweilt oder unmotiviert gewirkt und wären zu ungeduldig gewesen. Der Hauptkritikpunkt ist, dass ein Betreuer immer zwei Stationen beaufsichtigen musste und so nicht permanent anwesend war. Es muss also unbedingt vermieden werden, dass Schüler die aktuelle Tagesform der Betreuer zu spüren bekommen. Dass ein Betreuer sich auf zwei Gruppen aufteilen musste, war im Vorfeld so geplant, damit nicht die Gefahr besteht, dass er zu häufig in das Handeln der Schüler eingreift. Die Aussage müsste überprüfbar werden, wenn später die Fragen

nach selbständiger Arbeit und der Möglichkeit, den Betreuern Fragen stellen zu können, ausgewertet werden.

Zunächst soll nun aber betrachtet werden, wie den Schülern die einzelnen Stationen gefallen haben. Es ist im Gesamtbild aus Abb. 29 zu sehen, dass die meisten Stimmen auf die Option „gut“ entfallen. Betrachtet man nun allerdings die Stationen getrennt voneinander, so ist zu sehen, dass induktive Sensoren deutlich schlechter abschneiden, als die beiden anderen Stationen. Niemand gab an, dass ihm / ihr diese Station sehr gut gefallen hat. Das ist zwar erstaunlich, da dort verstärkt versucht wurde, einen Alltagsbezug herzustellen, könnte aber damit begründet werden, dass die Inhalte bereits bekannt waren. Die Grundlagenversuche zur Induktion sind daher zum Teil sehr langatmig und langweilig. Dies war aber abzusehen, als die Station so geplant wurde, dass auch Neuntklässler einer Realschule das Labor besuchen können. Es bleibt abzuwarten, wie die anderen Klassen diese Station bewerten.

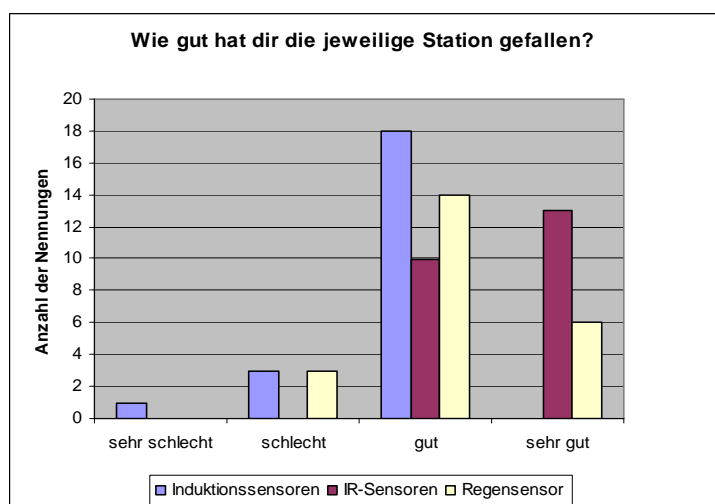


Abb. 29 Persönlicher Eindruck von den Stationen 10. Klasse Gymnasium

Die Station zum Regensensor schneidet hier im Durchschnitt gut ab. Besonders gut gefallen hat den Schülern aber die Infrarotstation. Diese wurde von knapp 57 % der Befragten mit „sehr gut“ bewertet.

Die anschließende Frage richtet sich wieder an die empfundene Selbständigkeit an den einzelnen Stationen. Erneut schneidet hierbei die Station zu induktiven Sensoren verhältnismäßig schlecht ab. Fast die Hälfte der Schüler fühlte sich nicht selbständig an dieser Station, wie aus Abb. 30 abgelesen werden kann.

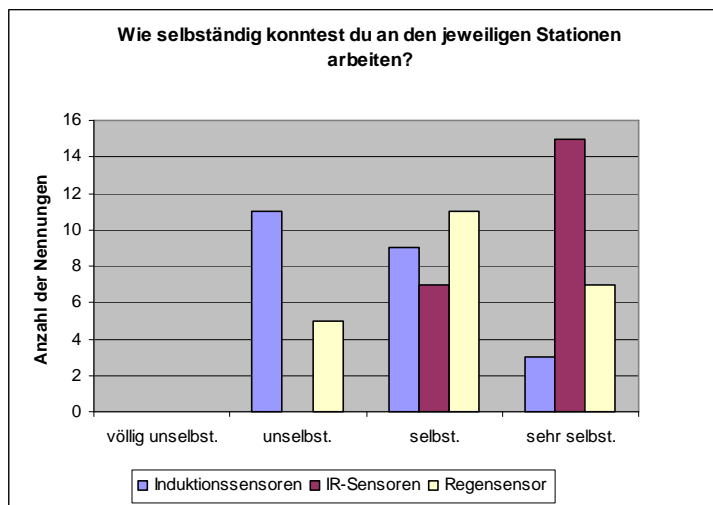


Abb. 30 Empfundene Selbständigkeit an den Stationen 10. Klasse Gymnasium

Mögliche Gründe hierfür wurden bereits bei der Auswertung der gleichen Frage bei der neunten Klasse der Realschule angeführt. Die Regensensorstation wird hier gut bewertet und 65 % der Befragten gaben an, bei Infrarotsensoren sehr selbständig gearbeitet zu haben. Die Beantwortung dieser Frage erklärt auch, warum die zwei Stationen zu passiven Infrarotsensoren und zum Regensensor besser angekommen sind, als die Induktionssensoren. Bei erneuter Labordurchführung ist unbedingt darauf zu achten, dass möglichst wenig vom jeweiligen Betreuer eingegriffen wird. Dadurch kann die Attraktivität einer Station deutlich verbessert werden.

Bei der folgenden Frage gaben die Schüler zu 81 % an, keinerlei Zeitdruck verspürt zu haben. Nur 17 % verspürten einen geringen Zeitdruck und lediglich eine Stimme wurde für die Option „großen Zeitdruck“ bei der Station zum Regensensor vergeben. Als Rückschluss kann daraus erneut gezogen werden, dass das Zeitmanagement bei der Laborplanung sehr gut war. Wenn man die Ergebnisse der Stationen, wie in Abb. 31, getrennt voneinander betrachtet fällt auf, dass die häufigsten Stimmen für „geringen Zeitdruck“ auf die Station zu Infrarotsensoren fällt. Dies deckt sich auch wieder mit den Erfahrungen der Betreuer, die angaben, bei dieser Station sei die Zeit etwas knapper gewesen, als bei den Übrigen. Eine nähere Einzelbetrachtung scheint jedoch nicht nötig, da das Ergebnis auch für jede Station an sich sehr gut ausfällt.

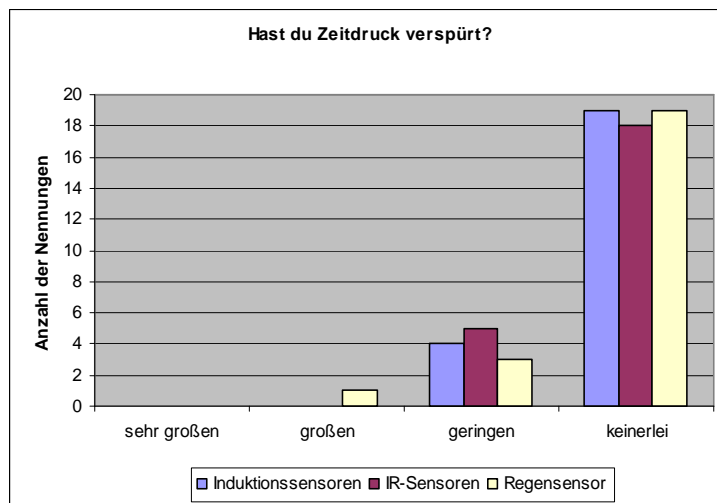


Abb. 31 Empfundener Zeitdruck an den Stationen 10. Klasse Gymnasium

In der anschließenden Frage sollten die Schüler angeben, wie verständlich die einzelnen Stationen für sie waren. Die Übersicht über die Stimmenverteilung kann Abb. 32 entnommen werden.

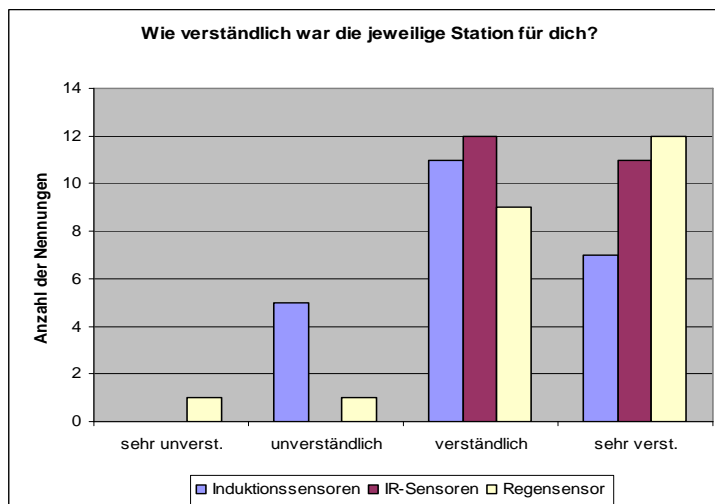


Abb. 32 Verständlichkeit der Stationen 10. Klasse Gymnasium

Im Gesamtbild fällt auf, dass fast 90 % der Befragten die Stationen für „verständlich“ oder „sehr verständlich“ halten. Die Tendenz, dass die Station zu induktiven Sensoren etwas schlechter abschneidet, als die beiden anderen, setzt sich auch hier fort. Das soll nicht bedeuten, dass diese Station unverständlich ist, denn immerhin 78 % der Stimmen entfallen bei dieser Station auf „(sehr) verständlich“, aber die Vermutung liegt nahe, dass sich die mangelnde Selbständigkeit auch auf das Verständnis der Schüler ausgewirkt hat.

Nun sollen einige Schlüsse aus der Beurteilung der Betreuung an den jeweiligen Stationen gezogen werden. Wie die Grafik zeigt, fanden fast 40 % der Schüler die Betreuung an der Station

„induktive Sensoren“ wenig hilfreich. Zwar gaben auch 56 % an, die Betreuung sei „hilfreich“ oder „sehr hilfreich“ gewesen, aber das Maximum der Stimmenverteilung liegt im eher negativen Bereich, wie man in Abb. 33 ersehen kann. Dies entspricht den Erwartungen, die man haben muss, wenn man sich die Bewertungen von oben ansieht. Dies erklärt, zusammen mit der Aussage, dass selbständiges Arbeiten hier nur eingeschränkt möglich war, warum diese Station weniger gut angekommen ist. Es ist allerdings erstaunlich, dass trotz der mittelmäßigen Bewertungen für die Betreuung, der Verständlichkeit und der Selbständigkeit, die Station insgesamt noch relativ gut abschneidet.

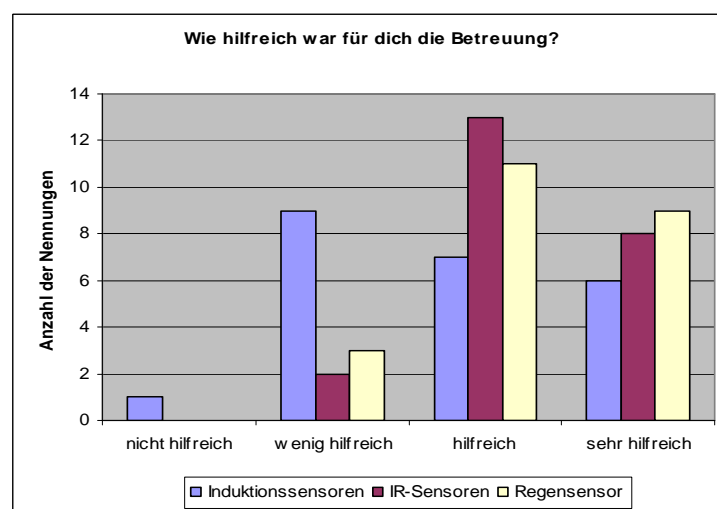


Abb. 33 Beurteilung der Betreuung der Stationen 10. Klasse Gymnasium

Dieses verhältnismäßig gute Abschneiden muss dann Ursachen haben, die bislang noch nicht betrachtet wurden. Daraus könnte zum Beispiel geschlossen werden, dass die Art der durchgeführten Versuche und deren Inhalt den Schülern so gut gefallen hat, dass die Station „induktive Sensoren“ als häufigste Bewertung ein „gut“ erhält.

Es bleibt zu beobachten, ob sich der gesehene Trend auch bei der Frage nach dem Lernzuwachs fortsetzt. Dazu wird nun die Abbildung 34 näher ausgewertet. Und tatsächlich ist auch hier zu erkennen, dass die Induktionsstation im Schnitt etwa eine Bewertungsoption schlechter abschneidet, als die beiden anderen. Dies kann wieder daran liegen, dass durch fehlende Selbständigkeit und unbefriedigende Betreuung das Gefühl entstand, wenig neues zu lernen. Zum Teil wird diese Bewertung jedoch auch davon beeinflusst, dass die fachlichen Inhalte an dieser Station relativ knapp ausfallen. Zudem sind sie so verarbeitet, dass auch Neuntklässer der Realschule, die Induktion noch nicht behandelt haben, die Station verstehen können. Über die

Hälfte der verteilten Stimmen fällt jedoch auf die Optionen „hoher Lernzuwachs“ und „sehr hoher Lernzuwachs“.

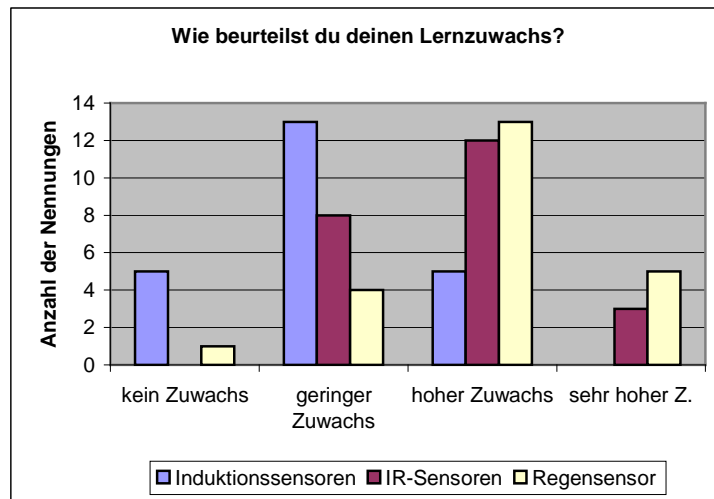


Abb. 34 Lernzuwachs an den Stationen 10. Klasse Gymnasium

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Schüler durchaus neues Wissen erworben haben. Das ist vor allem der Verdienst der Infrarotstation und der Station zum Regensensor.

Entgegen den Aussagen von oben, die Betreuer seien nicht präsent genug gewesen, stimmten immerhin 52 % der Schüler der Aussage völlig zu, die Möglichkeit gehabt zu haben, die Betreuer um Rat zu fragen. Weitere knappe 40 % stimmten dieser Aussage ziemlich zu. Nur 2 Schüler standen hier eher ablehnend entgegen. Das zeigt, dass die Anwesenheit der Betreuer auf jeden Fall ausreichend war, um Fragen zu klären. Da die Schüler vorrangig selbständig arbeiten sollten, kann ein Fazit dahingehend gezogen werden, dass die Anwesenheit der Betreuer durchaus angemessen war.

Der Aussage „Ich habe die Anleitung gut verstanden“ stimmten 30 % der Befragten vollkommen zu. Knapp 40 % haben die Anleitung ziemlich gut verstanden. Die restlichen 30 % waren der Meinung, die Anleitung nicht verstanden zu haben. Wie oben bereits bei dieser Aussage erwähnt wurde, muss am Ende der Auswertung das Gesamtbild betrachtet werden und daraus eine Folgerung dahingehend gezogen werden, ob das Skript zu unklar ist, oder nicht.

Die Schüler sollten dann die Aussage „Beim Suchen und Finden von Lösungen war ich beteiligt“ bewerten. Rund 17 % waren der Meinung, dieses Statement sei für sie völlig zutreffend. Etwa 70 % gaben an, die Aussage sei ziemlich passend. Lediglich 3 Schüler hatten das Gefühl, bei der Lösungsfindung weniger beteiligt gewesen zu sein. Es fällt hier auf, dass die meisten Schüler aktiv im Labor tätig waren, oder zumindest das Gefühl hatten. Dies kann vor allem an der

Gruppengröße liegen, die zwischen drei und vier Personen pro Gruppe lag. Dadurch wurde jeder mit einbezogen, weil für Mitläufer kaum Möglichkeiten gegeben waren, die restliche Gruppe ohne Eigenbeteiligung arbeiten zu lassen. Ich denke, für den Erfolg eines Lernlabors ist es entscheidend, dass jeder Schüler und jede Schülerin das Gefühl hat, aktiv am Suchen und Entdecken von Lösungen beteiligt zu sein.

Bei der Frage, ob die Betreuergespräche den SchülerInnen wichtig waren, gaben 39 % an, der Aussage völlig zuzustimmen. Fast 57 % waren eher weniger dieser Meinung und rund 4 % stimmten der Aussage überhaupt nicht zu. Es fällt auch hier auf, dass das Betreuergespräch scheinbar eine untergeordnete Rolle spielt. Dennoch stellt sich hier die Frage, weshalb die Schüler das Gefühl hatten, die Betreuer hätten zu wenig Zeit für sie gehabt. Diese Aussage ist bei einigen Fragebögen zu lesen. Wenn jedoch kein Gesprächsbedarf vorhanden ist, und durchaus die Möglichkeit bestand, dem Betreuer Fragen zu stellen, führt diese Aussage zu einem Widerspruch. Einzig die Tatsache, dass die Versuchsanleitungen weniger gut verstanden wurden könnten dies erklären. Da aber der Betreuer nach Angaben der Schüler Fragen beantwortet hat, könnte man daraus schließen, eine genaue Versuchsanleitung vom Betreuer oder sogar eine Demonstration wäre gewünscht gewesen. Das steht wiederum in einem Widerspruch zu der Aussage, die Schüler hätten zum Teil nicht selbständig arbeiten können. Eventuell kann aus einer der anschließenden Fragen erschlossen werden, was bei dieser Labordurchführung der Knackpunkt war.

Bei der Fragestellung, ob das Gefühl entstand, dass die Schüler die ihnen gestellten Aufgaben gut bewältigen konnten, stimmten 52 % völlig zu. Weitere 39 % finden diese Aussage ziemlich passend. Lediglich 9 %, was 2 Personen entspricht, stimmen eher weniger zu. Das heißt, die Schüler gaben an, die Anleitung eher weniger verstanden zu haben, konnten die Aufgaben jedoch gut bewältigen. Die einzige Erklärung für diesen scheinbaren Gegensatz kann die Arbeit der Betreuer sein. Wenn die Betreuer dann die einzelnen Versuche erklärt haben, heißt das wiederum, sie waren oft genug anwesend. Dass dadurch natürlich die Selbständigkeit eingeschränkt wird, ist klar.

Über die Hälfte der Befragten stimmte der Aussage, die Alltagsbedeutung erkannt zu haben ziemlich zu. Rund 13 % waren der Meinung, diese sogar völlig verstanden zu haben. Leider hatten etwa 30 % der Schüler das Gefühl, die Bedeutung für den Alltag eher weniger oder gar nicht erfasst zu haben. Da aber insgesamt fast 70 % einen Alltagsbezug herstellen konnten, kann das Lernlabor als erfolgreich angesehen werden.

Bei der Frage, ob zuhause über das Schülerlabor gesprochen wurde, antworteten die Schüler wie folgt. 17 % gaben an, mit niemandem über das Labor geredet zu haben und ganze 48 % sagten aus, nicht viel erzählt zu haben. Knappe 22 % haben der Aussage „Ich habe zuhause mit Freunden oder Verwandten über das Labor gesprochen“ tendenziell zugestimmt, während nur 13 % diese Aussage völlig bejahten. Es ist auffällig, dass fast zwei Drittel der Schüler kaum oder überhaupt nicht mit Familienangehörigen über das Labor gesprochen haben. Das kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass die Erfahrungen aus der Universität zu wenig bleibende Eindrücke hinterlassen haben. In diesem Fall müsste sich auch im späteren Vergleich der unterschiedlichen Besuchergruppen ein einheitliches Bild abzeichnen.

6.3. Auswertung der zehnten Klasse der Realschule

An dieser Stelle sollte eigentlich die ausführliche Auswertung der 10. Klasse einer würzburger Realschule vorgenommen werden. Leider fand der betreffende Lehrer bis Mitte Februar nicht die Zeit, die Fragebögen ausfüllen zu lassen. Erst nach fünfmaligem Nachfragen und Bitten im Zeitraum von Anfang Januar bis Mitte Februar, wurden 10 bearbeitete Bögen zurückgeschickt. Da die Klasse insgesamt aus 27 Schülern bestand ist die Auswertung der erhaltenen Bögen definitiv nicht aussagekräftig genug, um auf die gesamte Klasse Rückschlüsse zu ziehen. Es wird dennoch versucht, eine Auswertung der Stichprobe durchzuführen.

Auch hier sollten die Schüler zu Beginn des Fragebogens das Lernlabor mit Schulnoten bewerten. Dabei vergaben sie nur zwei unterschiedliche Noten. Achtmal wurde das Labor als „gut“ befunden und zwei Schüler gaben die Note „befriedigend“. Der Durchschnitt errechnet sich also zu 2,2. Man kann also sagen, die Schüler waren mit dem Lernlabor durchaus zufrieden und es scheint, als habe es ihnen gefallen. Leider sind die Werte dieser Gruppe später nur bedingt mit den Aussagen der anderen Klassen vergleichbar, da ein wesentlich längerer Zeitraum zwischen dem Laborbesuch und dem Ausfüllen der Fragebögen liegt, als sonst. Auf eine grafische Darstellung der Notenverteilung wird hier verzichtet.

Bei der Bewertung der Laborbetreuung errechnet sich ein Durchschnitt von 2,6. Die Note „sehr gut“ wurde ein Mal vergeben, „gut“ zwei Mal und insgesamt sieben Schüler entschieden sich für die Note „befriedigend“, wie man aus Abb. 35 sehen kann.

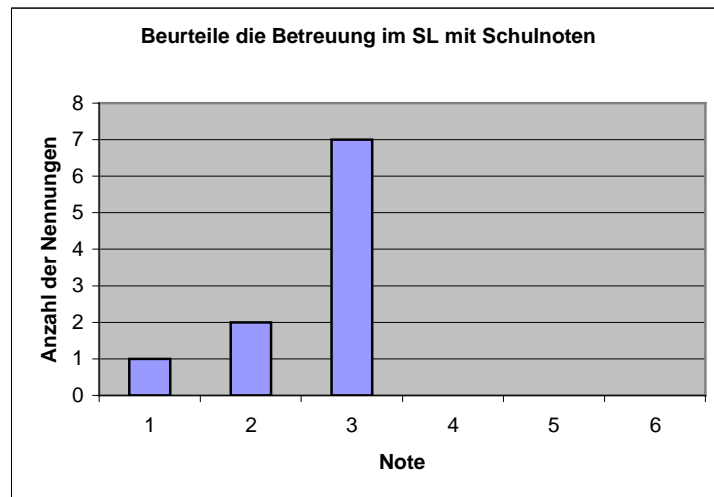


Abb. 35 Benotung des Schülerlabors 10. Klasse Realschule

Für die Stichprobe scheint die Betreuung überwiegend durchschnittlich gewesen zu sein. Inwieweit das tatsächlich zutrifft, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, da die Labordurchführung zum Zeitpunkt der Beantwortung fast zwei Monate zurück lag. Dennoch ist auffällig, dass die Bewertung hier nur sehr mittelmäßig ist.

Als nächstes soll die Einzelbewertung der jeweiligen Stationen näher betrachtet werden. Dabei ist zu sehen, dass für jede Station nur zwei unterschiedliche Bewertungsstufen vergeben wurden. Das dürfte darauf zurück zu führen sein, dass nur eine sehr geringe Anzahl an Fragebögen ausgewertet werden kann. Mit Abstand die meisten Stimmen entfallen auf die Option „gut“. Exakt 60 % der Schüler wählten diese Einstufung. Nur 10 % sagten aus, eine Station habe ihnen eher weniger gefallen. Dahingegen sagten auch 30 % der Befragten aus, ihnen habe eine Station sehr gut gefallen. Die Station zu induktiven Sensoren schneidet auch bei dieser Klasse deutlich schlechter ab, als die beiden anderen. Hier wurde insgesamt dreimal ausgesagt, die Station sei eher schlecht. Dafür haben auch sieben Schüler angegeben, induktive Sensoren habe ihnen gut gefallen. Infrarotsensoren wurde von fünf Befragten als „gut“ und von weiteren fünf als „sehr gut“ beurteilt. Beim Regensensor haben sich die Schüler ähnlich geäußert, nämlich sechsmal für gut und viermal für sehrgut. Es ist sehr positiv zu sehen, dass trotz der Zeitspanne zwischen Laborbesuch und Bewertung so gut über die einzelnen Stationen geurteilt wird.

Bei der Frage nach selbständigem Arbeiten an den Stationen äußerten sich die Schüler wie in Abb. 36 gezeigt.

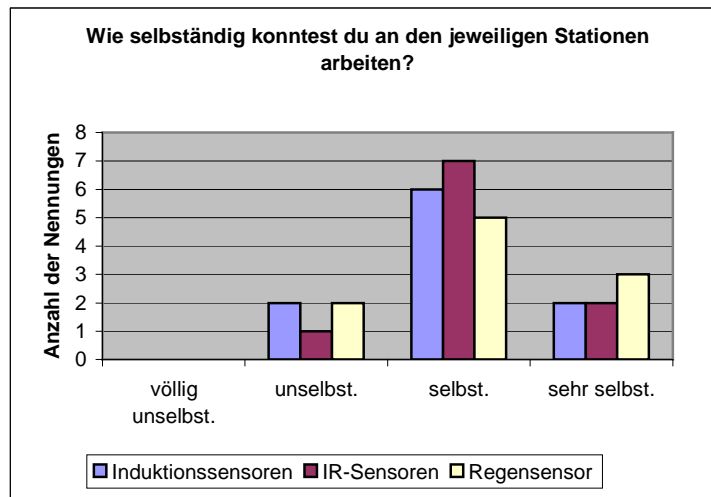


Abb. 36 Empfundene Selbständigkeit an den Stationen 10. Klasse Realschule

Die Unterschiede zwischen den Stationen sind so geringfügig, dass sie hier nicht weiter beachtet werden. Die Gesamtverteilung sieht so aus, dass 17 % das Gefühl hatten, unselbständig gearbeitet zu haben, 60 % gaben an, selbständig gearbeitet zu haben und 23 % fühlten sich sogar sehr selbständig beim Arbeiten an den Stationen. Daraus kann geschlossen werden, dass die Entscheidung, nur einen Betreuer für zwei Stationen einzusetzen insoweit richtig war, dass die Schüler dadurch nicht permanent das Gefühl hatten, beobachtet zu werden und so frei arbeiten konnten.

Auf die Frage, ob Zeitdruck bestand, wurde entsprechend der Abbildung 37 geantwortet. Fünf der 30 möglichen Stimmen, also etwa 17 % wurden für „geringen Zeitdruck“ vergeben, und die restlichen 83 % der Befragten gaben an, keinerlei Zeitdruck empfunden zu haben. Bei der Unterscheidung der jeweiligen Stationen ist zu erkennen, dass bei den induktiven Sensoren die Zeit scheinbar etwas knapper war, als an den übrigen Stationen, denn dort haben sich vier der zehn Schüler für die Option „geringen Zeitdruck“ entschieden. An den beiden anderen Stationen, passive Infrarotsensoren und Regensensor, vergaben fast alle Befragten die Wertung, keinerlei Zeitdruck empfunden zu haben.

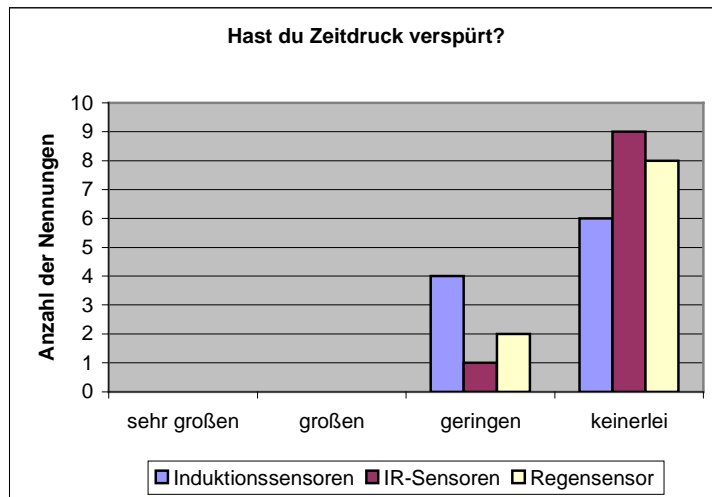


Abb. 37 Empfundener Zeitdruck an den Stationen 10. Klasse Realschule

Die folgende Grafik 38 zeigt, wie die SchülerInnen die Verständlichkeit der einzelnen Stationen einschätzen.

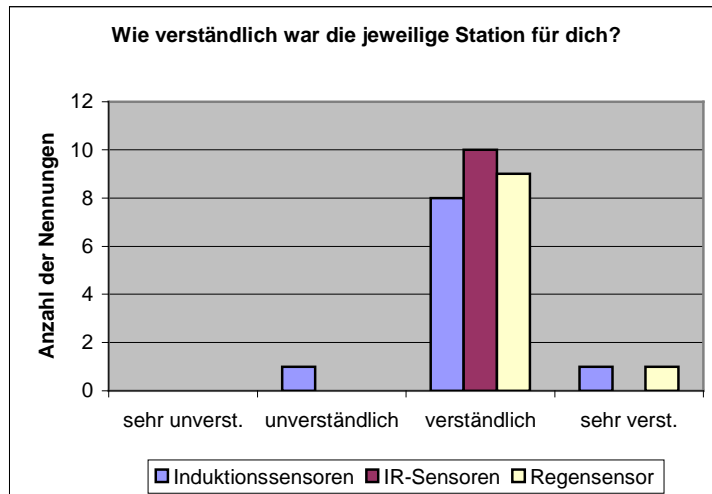


Abb. 38 Verständlichkeit der Stationen 10. Klasse Realschule

Man sieht, dass 90 % der abgegebenen Stimmen auf die Option „verständlich“ entfallen. Nur 10 % weichen davon ab, wobei 3 % für „unverständlich“ und 7 % für „sehr verständlich“ stimmten. Betrachtet man die Stationen isoliert voneinander, so fällt auf, dass bei induktiven Sensoren alle drei Möglichkeiten gewählt wurden, während neun von zehn Schülern den Regensensor für verständlich hielten und eine Person diesen sogar als sehr verständlich einstuft. Bei den Infrarotsensoren wurde von allen Befragten die Option „verständlich“ gewählt.

Anschließend sollten die Schüler beurteilen, wie hilfreich die Betreuung an den jeweiligen Stationen für sie war. Dabei ergab sich die in Abb. 39 gezeigte Stimmenverteilung.

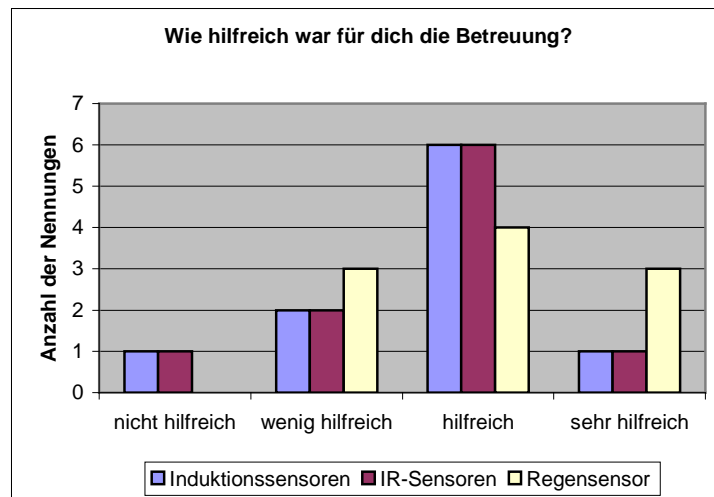


Abb. 39 Beurteilung der Betreuung der Stationen 10. Klasse Realschule

Am häufigsten, nämlich mit etwa 53 % der Stimmen, wurde die Betreuung als hilfreich eingestuft. Weitere 23 % gaben an, die Betreuer hätten ihnen eher weniger weitergeholfen. 16 % der Befragten bewerten die Betreuung als sehr hilfreich und etwa 8 % als nicht hilfreich. Die Stationen zu induktiven Sensoren und zu passiven Infrarotsensoren wurden exakt gleich beurteilt. Die Betreuung an der Regensensorstation wurde von gleich vielen Schülern, nämlich jeweils von drei, als wenig hilfreich beziehungsweise als sehr hilfreich eingestuft und vier Mal wurde die Option „hilfreich“ gewählt. Im Gesamtvergleich bleibt zu beobachten, ob diese Beurteilung sich mit der der anderen Gruppen deckt, oder ob die Ergebnisse stark abweichen.

Der Lernzuwachs an den einzelnen Stationen wurde stark unterschiedlich eingestuft. So sagten neun der zehn Befragten aus, dass der Lernzuwachs bei induktiven Sensoren nur gering war, während bei Infrarotsensoren drei Personen diese Aussage tätigten und beim Regensensor vier der befragten Personen diese Meinung teilten. Auf die Option „hoher Lernzuwachs“ entfielen insgesamt 33 % der Stimmen, wobei auch hier deutliche Unterschiede zwischen den Stationen zu erkennen sind. Sechs Schüler hatten das Gefühl, an der Infrarotstation einen hohen Lernzuwachs gehabt zu haben. Nur ein Schüler empfand so bei induktiven Sensoren und drei Mal wurde so beim Regensensor abgestimmt. Insgesamt sagten nur vier Schüler aus, einen sehr hohen Lernzuwachs erfahren zu haben, wobei nur eine Stimme bei dieser Option für die passiven Infrarotsensoren abgegeben wurde. Zusammenfassend kann man sagen, ist es erfreulich, dass niemand der SchülerInnen der Meinung war, nichts neues gelernt zu haben. Dass die Station zu induktiven Sensoren relativ schlecht abschneidet, kann daran liegen, dass gerade erst in diesem Schuljahr Induktion im Unterricht behandelt wurde.

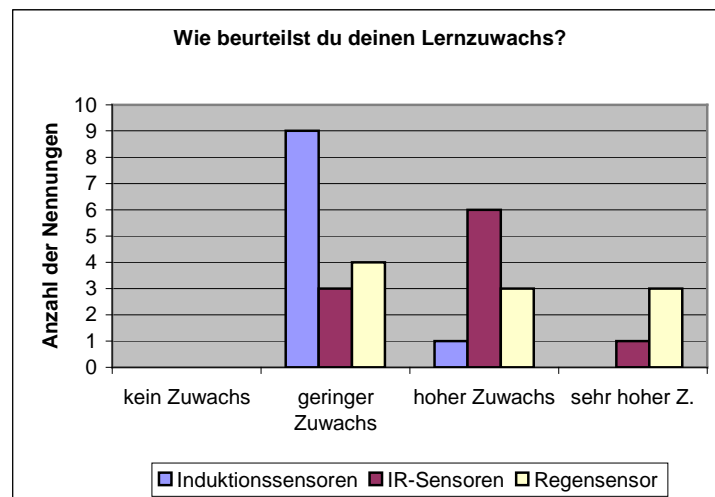


Abb. 40 Lernzuwachs an den Stationen 10. Klasse Realschule

Da das Labor aber so erstellt wurde, dass es auch für Neuntklässer verständlich ist und daher mit Grundlagenversuchen beginnt, ist es verständlich, dass für Schüler der zehnten Klasse einer Realschule nur wenig neue Informationen vorhanden sind. Zu sagen, dass beim Regensensor überwiegend die Option „geringer Lernzuwachs“ gewählt wurde, ist nicht angebracht, da es sich lediglich um einen Unterschied zu den beiden anderen Optionen handelt.

Es folgt nun die Auswertung und Interpretation der weiteren Fragen.

Der Aussage „Ich hatte die Möglichkeit, die Betreuer zu Fragen“ stimmte ein Schüler gar nicht zu, zwei eher weniger, vier stimmten ziemlich zu und drei Schüler waren der Ansicht, dass die Aussage völlig stimmt. Damit stimmen 70 % der Befragten der Aussage zu und nur 30 % widersprechen. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Betreuer durchaus oft genug an den Stationen waren, um Fragen zu klären. Es ist jedoch bemerkenswert, dass doch noch so Viele das Gefühl hatten, ihre Fragen nicht klären zu können. Sollte sich diese Meinung mit denen der anderen Gruppen decken, wäre es durchaus sinnvoll, vor jedem Stationswechsel eine Fragerunde explizit anzubieten.

Auch die Anleitung wurde von 70 % der Schüler nach eigenen Angaben ziemlich gut verstanden. Jeweils ein Schüler entschied sich für die anderen Antwortoptionen. Das kann durchaus als deutliche Häufung von Antworten angesehen werden. Es hat also den Anschein, als seien die Bemühungen, die Skripte gut verständlich zu gestalten, durchaus gelungen. Dieser Aspekt wurde auch vom begleitenden Lehrer während eines Gesprächs im Verlauf des Labors gelobt.

Erfreulich ist auch, dass acht von zehn Schülern das Gefühl hatten, beim Suchen und Finden von Lösungen beteiligt gewesen zu sein. Nur zwei Schüler stimmten dieser Aussage eher weniger zu.

Das heißt, dass es auch in dieser Klasse gelungen ist, die Gruppengröße so zu gestalten, dass fast jeder Einzelne in den Versuchsablauf und in die Lösungsfindung integriert wurde.

Auf die Frage, ob die Betreuergespräche wichtig gewesen seien, sagte ein Schüler aus, diesem Punkt überhaupt nicht zuzustimmen und fünf weitere stimmen eher weniger zu. Für nur jeweils zwei Personen trifft die Aussage teilweise oder völlig zu. Es ist auch hier erkennbar, dass die Schüler wenig Bedarf an Diskussionen mit Betreuern hatten. Ob dies an der generellen Beurteilung der Betreuung bei dieser Durchführung liegt, oder ein allgemeiner Trend ist, bleibt bei der Zusammenfassung aller Klassen zu klären.

Auch in dieser Klasse wird die Aussage, die Aufgaben gut bewältigen zu können, als sehr zutreffend bewertet. Vier Schüler stimmten ziemlich und die verbleibenden sechs sogar völlig zu. Das könnte zum Einen daran liegen, dass, zumindest nach Aussage der Lehrkraft, die Schüler auch im Unterricht Versuche durchführen und daher experimentelles Vorgehen gewohnt sind. Eine andere Begründung hierfür kann darin gesehen werden, dass die Anleitungen gut verständlich gestaltet waren und daher klar war, was genau gemacht werden sollte.

Die Schüler sollten außerdem beurteilen, ob sie einen Bezug zum Alltag herstellen konnten. Drei Personen stimmten dieser Aussage gar nicht zu, wohingegen fünf der Befragten ziemlich und zwei sogar völlig zustimmten. Daraus kann ersehen werden, dass es bei dieser Gruppe durchaus gelungen ist, einen Bezug zum täglichen Leben herzustellen.

Die Frage, ob zuhause über das Lernlabor gesprochen wurde, wurde je dreimal mit „gar nicht“, „wenig“ und „ziemlich“ zutreffend bewertet. Nur ein Schüler stimmte hier völlig zu. Es ist sehr bemerkenswert, dass mehr als die Hälfte der zur Auswertung verfügbaren Schüler mit niemandem oder nur sehr selten über das Lernlabor gesprochen haben. Auch hier muss im abschließenden Vergleich der Gruppen beobachtet werden, ob das ein genereller Trend ist, oder ob es nur für diese Stichprobe zutrifft.

6.4. Auswertung der neunten Klasse des Gymnasiums

Auch diese Klasse erhielt beim Besuch des Schülerlabors den identischen Fragebogen, wie die Klassen zuvor. Daher soll zunächst auch hier die Benotung des Labors betrachtet werden, die auch der Abb. 41 entnommen werden kann.

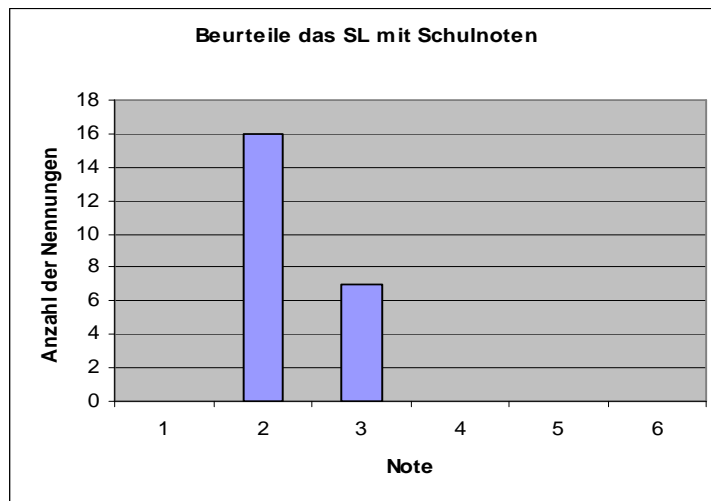


Abb. 41 Benotung des Schülerlabors 9. Klasse Gymnasium

Die Schüler bewerteten das Labor insgesamt 16 mal, also zu etwa 70 %, mit der Note 2 und 7 mal mit einer 3. Die Durchschnittsnote errechnet sich zu 2,30. Bemerkenswert ist, dass sich die Befragten nur für zwei unterschiedliche Notenstufen entschieden haben. Die erteilten Noten sind sehr zufriedenstellend.

Betrachtet man nun die Notenvergabe für die Betreuung im Labor, so sieht man, dass von 23 Schülern mehr als die Hälfte die Note 2 vergeben hat. Jeweils 8 % entschieden sich für die Noten 1 und 5. 13 % erteilten die Note 4 und 17 % vergaben die Note 3. Im Durchschnitt ergibt sich daraus die Note 2,61. Überträgt man die gegebenen Noten in eine Grafik, so entspricht diese der Abb. 42. Daraus kann geschlossen werden, dass die Schüler mit der Betreuung durchaus zufrieden waren. Die schlechteren Noten wurden zum Teil leider nicht begründet. Es wurden aber auch Aussagen dahingehend gemacht, dass die Betreuer zu selten anwesend waren. Dagegen begründen Andere ihre gute Note für die Betreuung mit dem Spielraum, auch ohne Betreuer experimentieren zu können.

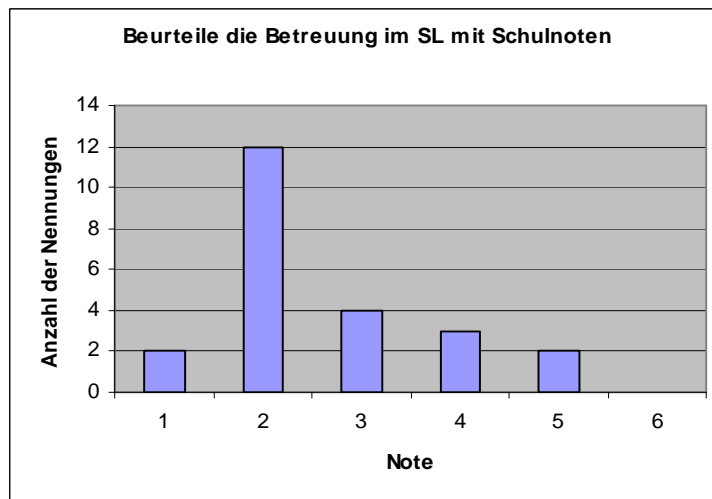


Abb. 42 Benotung der Betreuung 9. Klasse Gymnasium

Vereinzelt ist auch zu lesen, dass ein Betreuer auf Einige unfreundlich oder nicht vorbereitet gewirkt habe. Das sollte eigentlich zum Teil durch das Betreuerhandout verhindert werden. Erneut ist auffällig, dass Schüler sehr sensibel erkennen, wenn ein Betreuer unfreundlich ist.

Die Frage, wie den Schülern die einzelnen Stationen gefallen haben, wurden dahingehend beantwortet, dass für die Station zum Regensensor alle Bewertungsstufen ausgenutzt wurden, wobei jedoch nur eine Stimme auf „sehr schlecht“ und zwei Stimmen auf „schlecht“ entfallen. Die restlichen 20 Stimmen wurden 7 mal für „gut“ und 13 mal für „sehr gut“ abgegeben. Bei der Station zu induktiven Sensoren wählte niemand die Option „sehr schlecht“. 8 von 23 Stimmen, also etwa 35 % stimmten für „schlecht“, 43 % für „gut“ und die verbleibenden 22 % waren der Meinung, die Station sei „sehr gut“. Bei den Infrarotsensoren wurden sogar nur die Bewertungen „gut“ (zu 60 %) und „sehr gut“ (zu 40 %) gegeben (vg. Abb. 43). Insgesamt schneidet somit bei dieser Klasse die Station zu passiven Infrarotsensoren am besten ab.

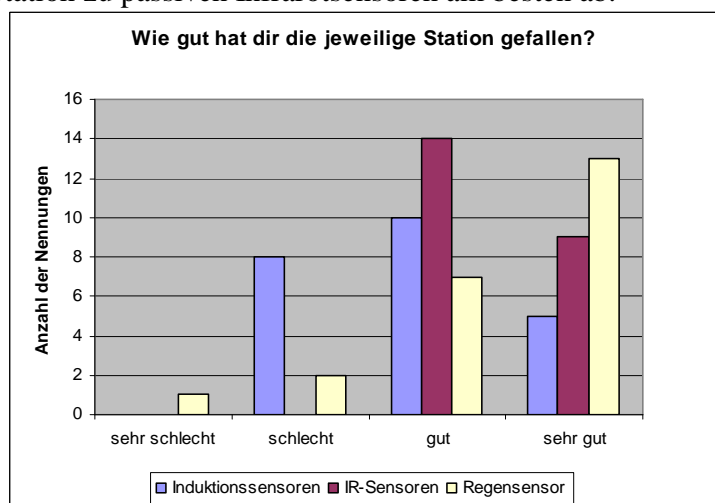


Abb. 43 Persönlicher Eindruck von den Stationen 9. Klasse Gymnasium

Die nächste Grafik, Abb. 44, zeigt die Beantwortung der Frage nach Selbständigkeit bei der Arbeit an den einzelnen Stationen.

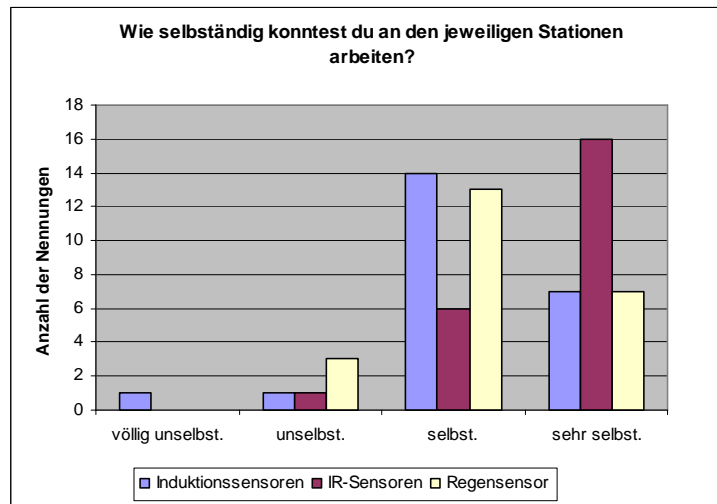


Abb. 44 Empfundene Selbständigkeit an den Stationen 9. Klasse Gymnasium

Hier kann man sehen, dass äußerst wenige Stimmen, an allen Stationen zusammen nur 8 %, auf die Optionen „völlig unselbständig“ und „unselbständig“ entfallen. Bei der Gesamtbetrachtung haben fast gleich viele Schüler angegeben, an den Stationen selbständig oder sogar sehr selbständig gearbeitet zu haben. Dieses Ergebnis ist sehr erfreulich, da das Lernlabor kein Vortragsort sein soll, sondern eine Einrichtung, in der Jugendliche selbständig arbeiten und so Neues entdecken sollen. Differenziert man zwischen den Stationen, so ist beachtlich, dass sowohl bei induktiven Sensoren, als auch beim Regensensor, die meisten Stimmen auf „selbständig“ entfallen, wohingegen die meisten Schülerangaben, bei den Infrarotsensoren sehr selbständig gearbeitet zu haben. Diese Station schneidet daher am besten ab, wobei das Ergebnis insgesamt schon sehr gut ist.

Nun soll überprüft werden, ob der zeitliche Rahmen für die jeweiligen Stationen angemessen war. Dazu sollten die Schüler angeben, ob sie Zeitdruck verspürt haben. Auch hier wurden die Ergebnisse in Abbildung 45 festgehalten. Zunächst fällt auf, dass die Option „sehr großen Zeitdruck“ nie gewählt wurde. Bei der Betrachtung der Gesamtsituation, kann man sagen, dass nur 8 % der abgegeben Stimmen auf „großen Zeitdruck“ entfallen, wohingegen zu 22 % die Wahl auf „geringen Zeitdruck“ gefallen ist. Deutlich die meisten Stimmen fielen jedoch auf die Option „keinerlei Zeitdruck“, nämlich 70 % der Gesamtstimmen. Eine Einzelbetrachtung der unterschiedlichen Station ist nicht nötig, da bei jeder Station die Stimmverteilung dem Gesamtbild entsprechend ist.

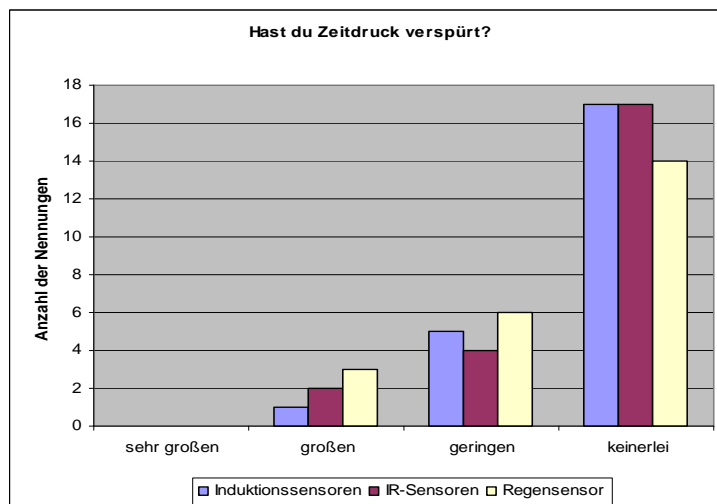


Abb. 45 Empfundener Zeitdruck an den Stationen 9. Klasse Gymnasium

Es gibt zwar minimale Unterschiede, aber diese sind so gering, dass eine nähere Betrachtung nicht lohnend ist.

Auf die Frage, wie verständlich die einzelnen Stationen für die Schüler waren, antworteten diese wie in Abb. 46 dargestellt.

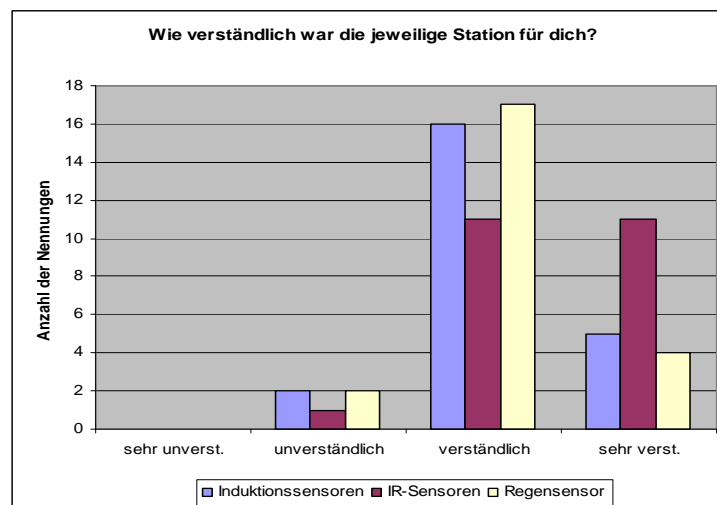


Abb. 46 Verständlichkeit der Stationen 9. Klasse Gymnasium

Erfreulich ist, dass niemand den Eindruck hatte, eine Station sei völlig unverständlich. 7 % der abgegebenen Stimmen entfallen auf die Option „unverständlich“. Diese Anzahl ist so gering, dass sie beinahe vernachlässigt werden kann. Mit Abstand die meisten Stimmen, nämlich fast 64 %, entfallen auf „verständlich“ und 29 % der Schüler waren sogar der Meinung, die Stationen seien sehr verständlich. Das Gesamtergebnis kann durchaus als sehr zufriedenstellend gewertet werden, da über 90 % der Schüler das Gefühl hatten, die jeweiligen Stationen verstanden zu haben. In der nach Stationen getrennten Betrachtung ist hervorzuheben, dass die induktiven Sensoren und der

Regensensor überwiegend als verständlich angesehen werden, wohingegen bei den Infrarotsensoren gleich viele Stimmen auf „verständlich“ und auf „sehr verständlich“ entfallen. Damit schneidet diese Station etwas besser ab, als die beiden anderen.

Nun soll geklärt werden, ob die Schüler an den jeweiligen Stationen das Gefühl hatten, die Betreuung habe ihnen weitergeholfen, wenn Probleme aufgetaucht sind. Daraus können dann wieder Rückschlüsse auf die Tätigkeit der Betreuer gezogen werden.

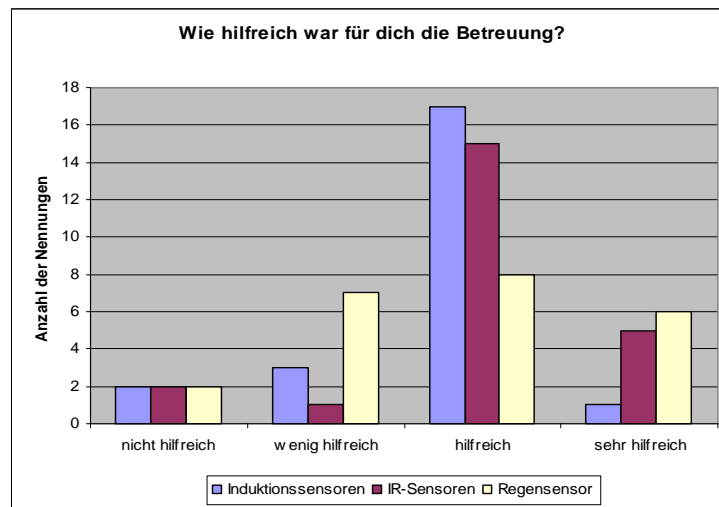


Abb. 47 Beurteilung der Betreuung der Stationen 9. Klasse Gymnasium

Jeweils zwei Schüler gaben an, dass die Betreuung für sie nicht hilfreich war, das macht etwa 9 % der Gesamtstimmen aus. Etwa 16 % waren der Meinung, durch die Betreuung nur wenig Hilfe erhalten zu haben. Dahingegen stimmte die Mehrzahl der Befragten, nämlich 58 % dafür, die Betreuung als hilfreich zu bewerten und 17 % sprachen sich sogar für „sehr hilfreich“ aus. Das Gesamtergebnis, wie es in Abbildung 47 gezeigt ist, lässt den Schluss zu, dass die Schüler mit der Hilfestellung durch die Betreuer zufrieden waren. Unterscheidet man zwischen den Stationen, so fällt auf, dass sich sowohl bei den induktiven Sensoren, als auch bei den Infrarotsensoren ein deutliches Maximum der Stimmenverteilung bei der Option „hilfreich“ erkennen lässt, wohingegen beim Regensensor jeweils fast gleich viele Stimmen für die Optionen „wenig hilfreich“, „hilfreich“ und „sehr hilfreich“ abgegeben wurden. Daraus kann man schließen, dass die Hilfestellung durch den Betreuer wahrscheinlich von Gruppe zu Gruppe verschieden gewirkt hat. Es kann aber auch daran liegen, dass die Versuche bei dieser Station so präzise beschrieben waren, dass der Betreuer nicht viele zusätzliche Hilfestellungen geben konnte.

Bei der nächsten Frage sollten die Jugendlichen angeben, wie sie ihren Lernzuwachs an den einzelnen Stationen bewerten. Dabei kann gesagt werden, dass nur eine Stimme auf die Option „kein Zuwachs“ entfällt. Rund 26 % gaben an, einen geringen Lernzuwachs empfunden zu haben, während knapp 50 % der Meinung waren, der Zuwachs an neuem Wissen sei hoch. Bei 23 % der befragten Personen war der gefühlte Lernzuwachs sogar sehr hoch.

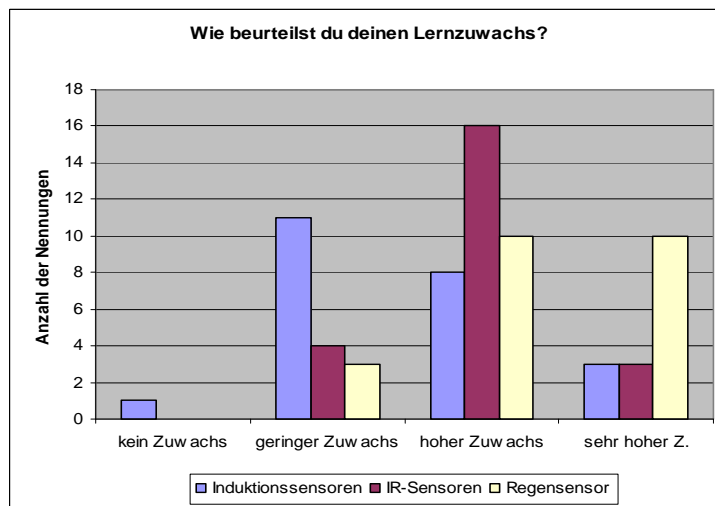


Abb. 48 Lernzuwachs an den Stationen 9. Klasse Gymnasium

Betrachtet man nun die einzelnen Stationen in Abb. 48 getrennt voneinander, so erkennt man, dass bei induktiven Sensoren der Lernzuwachs mit Abstand am geringsten eingestuft wurde. Der Grund hierfür dürfte sein, dass die Induktion bereits aus dem Unterricht bekannt war und die Station physikalisch wenig Neues zeigt, sondern mehr auf Anwendungen ausgerichtet ist. Bei der Station zu passiven Infrarotsensoren liegt das Maximum der vergebenen Stimmen deutlich bei der Option „hoher Lernzuwachs“. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, dass Infrarotstrahlung bislang noch nicht im Unterricht behandelt wurde und die Schüler auch aus ihrem Alltag wenig Erfahrungen mit diesem Themengebiet mitbringen. Daher sind viele Inhalte neu, sowohl die Erklärung des elektromagnetischen Spektrums, als auch die Funktionsweise des pyroelektrischen Kristalls. Erstaunlich ist hingegen, dass jeweils gleich viele Schüler angaben, beim Regensensor sei der persönlich empfundene Lernzuwachs hoch oder sogar sehr hoch. Da die Totalreflexion bereits zwei Jahre zuvor behandelt wurde, liegt dies vermutlich daran, dass durch die sehr genaue Betrachtung der Funktionsweise und den Nachbau eines Sensors die Anwendung sehr praxisbezogen gezeigt wurde.

Die nächste Frage, die hier, wie bei den Klassen zuvor, ausgewertet werden soll, richtet sich auf die Möglichkeit, Betreuer um Hilfestellung zu bitten. Lediglich ein Schüler hatte das Gefühl,

diese Möglichkeit gar nicht gehabt zu haben. Weitere drei gaben an, es wäre eher weniger möglich gewesen, den Betreuer etwas zu fragen. Neun Personen stimmen der Aussage ziemlich zu und zehn völlig. Daraus lässt sich ableiten, dass 82 % ausreichend Möglichkeiten hatte, den jeweiligen Betreuer etwas zu fragen. Das steht erneut im Widerspruch zu der häufig gelesenen Aussage, die bei der Notenbegründung für die Betreuung angegeben wurde. Auch bei dieser Klasse heißt es dort mehrmals, dass die Betreuer nicht oft genug anwesend waren, weil sie sich zwischen zwei Stationen aufteilen mussten. Ein Rückschluss hieraus könnte sein, dass die Schüler nicht gewohnt sind, selbständig und unbeaufsichtigt zu arbeiten. Es kann sein, dass sie sich daher unsicher fühlten und gerne einen Betreuer gehabt hätten, der permanent bei ihnen steht und sie beobachtet.

20 von 23 Schülern stimmten ziemlich oder völlig zu, bei der Aussage „Ich habe die Anleitung gut verstanden“. Lediglich drei Personen hatten eher weniger dieses Gefühl. Das bedeutet, dass die Verständlichkeit der Anleitung in jedem Falle sehr gut ist. Im späteren Vergleich der Klassen untereinander wird erneut auf diesen Aspekt eingegangen werden.

Die Schüler sollten dann die Aussage „Beim Suchen und Finden von Lösungen war ich beteiligt“ bewerten. Nur etwa 9 % stimmten hier gar nicht zu. 70 % stimmten ziemlich zu und 21 % wählten die Option „ich stimme völlig zu“. Es ist zu erkennen, dass die Meisten das Gefühl hatten, bei der Lösungsfindung aktiv beteiligt gewesen zu sein. Dieses Ergebnis ist hochofreulich, da versucht wurde, durch möglichst kleine Gruppen zu verhindern, dass ein Teil der Schüler nur mitschwimmt und nicht selbst tätig ist. Es scheint, als sei dieses Ziel erreicht worden.

Die Betreuergespräche waren für keinen Schüler und keine Schülerin sehr wichtig. Etwa 48 % gaben an, die Diskussionen seien ziemlich wichtig, wohingegen 35 % der Meinung waren, sie seien eher weniger wichtig. Die verbleibenden 17 % hielten das Gespräch mit dem Betreuer sogar für völlig unwichtig. Das bestärkt die Vermutung, dass die Betreuer lediglich als Aufsichtsperson erwünscht gewesen wären. Wenn sie oft genug da waren, um Fragen zu klären und die weiteren Gespräche für unwichtig angesehen werden, ist sonst kein Grund absehbar, weshalb ein Betreuer bei der Gruppe bleiben sollte.

Die nächste Aussage, die die Schüler bewerten sollten, soll untersuchen, ob der Schwierigkeitsgrad der gestellten Aufgaben angemessen war. Etwa 43 % gaben an, die ihnen gestellten Aufgaben gut bewältigen zu können. Weitere 53 % stimmten dieser Aussage ziemlich

zu, wohingegen nur 4 %, also ein Schüler hierbei weniger zustimmt. Daraus ist ersichtlich, dass der Schwierigkeitsgrad durchaus angemessen war.

Erfreulich ist auch, dass 83 % der Befragten der Aussage „Ich konnte die Alltagsbedeutung erkennen“ völlig oder zumindest teilweise zustimmen, wohingegen nur 13 % das Gefühl hatten, den Alltagsbezug nur wenig herstellen zu können. Nur ein Schüler hatte das Gefühl, keinerlei Alltagsbezug erkannt zu haben. Damit hat das Labor in dieser Klasse sein Ziel, Sensoren aus dem Alltag vorzustellen und deren Anwendung im täglichen Leben aufzuzeigen, sehr gut erreicht.

Bei der Frage, ob zuhause über das Labor gesprochen wurde stimmten 39 % der Schüler wenig oder gar nicht zu, während 61 % ziemlich oder völlig zustimmten. Auch hier wurde ein Teilziel des Labors erreicht, da die Schüler ihr Wissen über Sensoren mit nach hause nehmen sollten und sich auch dort bewusst machen sollten, wo sie überall von Sensoren umgeben sind. Dieses Bewusstsein etwas zu verbessern scheint in dieser Klasse zumindest zum Teil gelungen zu sein.

6.5. Zusammenfassung und Vergleich der einzelnen Klassen

Analog zur jeweiligen Einzelbetrachtung von oben, sollen nun die Antworten der verschiedenen Klassen im Vergleich zueinander betrachtet werden. Dabei wird versucht, Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszuarbeiten und mögliche Ursachen dafür zu finden.

Zunächst einmal soll die Bewertung des Lernlabors gegenübergestellt werden. Die insgesamt 83 Schüler, von denen Bögen zur Auswertung vorlagen, vergaben Noten nach der Verteilung von Abb. 49. Es ist zu erkennen, dass knapp 10 % der Befragten die Note „sehr gut“ vergeben haben. Ganze 65 % der vergebenen Stimmen entfallen auf die Note „gut“, weitere 19 % auf „befriedigend“ und nur 6 % waren für „ausreichend“. Damit ergibt sich ein Gesamtschnitt von 2,22. Dieser Wert entspricht bis auf eine Nachkommastelle den durchschnittlichen Bewertungen aller einzelnen Klassen und lässt erkennen, dass die Schüler insgesamt mit dem Labor sehr zufrieden sind. Erstaunlich ist, dass sogar die Ergebnisse der zehnten Klasse aus der Realschule fast exakt am Mittelwert liegen, obwohl die Anzahl der bearbeiteten Fragebögen so gering war.

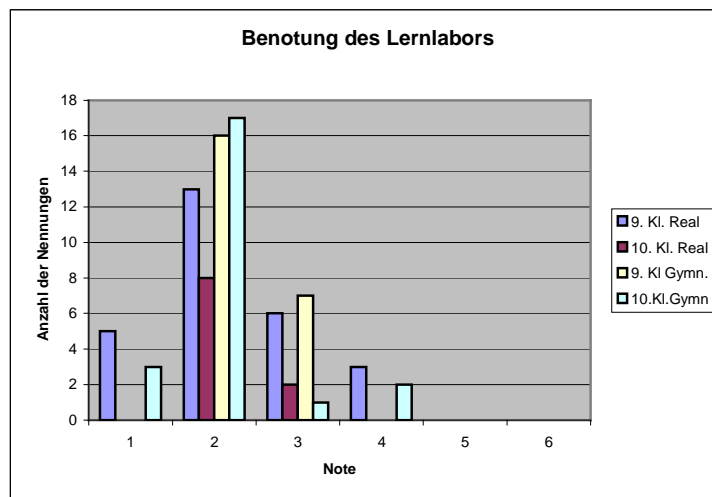


Abb. 42 Benotung des Schülerlabors gesamt

Die Notenvergaben der jeweiligen Klassen entsprechen sich soweit, dass eine weitere Differenzierung hier nicht nötig ist.

Bei der Bewertung der Betreuung im Labor sieht die Notenverteilung entsprechend Abb. 50 aus.

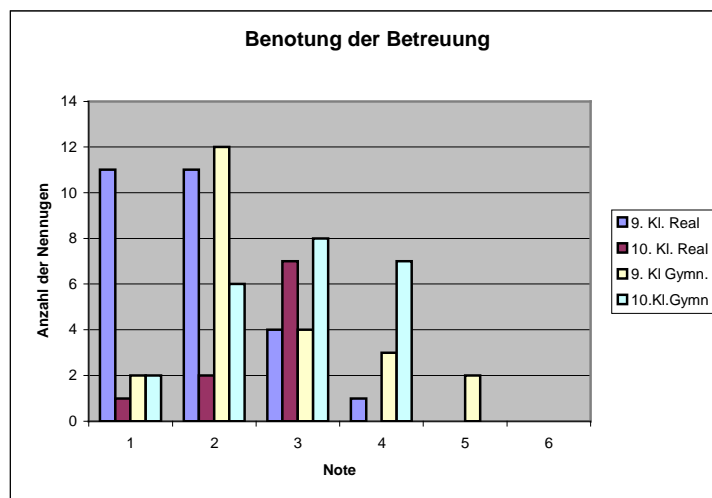


Abb. 50 Benotung der Betreuung gesamt

Die Note „sehr gut“ wurde hier von 19 % der Schüler gewählt, die Option „gut“ fand Zustimmung von 37 % und „befriedigend“ von 28 % der Befragten. Als „ausreichend“ bewerteten die Laborbetreuer rund 13 % der Jugendlichen und 3 % hielten die Note „mangelhaft“ für angemessen. Der Gesamtschnitt für die Betreuung liegt damit bei 2,30. Hierbei fällt extrem auf, dass elf der 16 Stimmen für „sehr gut“ und elf der 31 Stimmen für „gut“ bei der Labordurchführung vergeben wurden, bei der zwei der drei Betreuer fachfremd waren! Auch die Durchschnittsnote fällt dort mit 1,81 eine halbe Notenstufe besser aus, als im Durchschnitt. Das bedeutet, dass nicht unbedingt die fachliche Kompetenz der Betreuer im Mittelpunkt steht,

sondern mehr deren Gespür für die Fragen und Probleme der Schüler und ihr Auftreten. Es kann natürlich auch daran liegen, dass fachfremde Betreuer während ihrer eigenen Einweisung an den Stationen Verständnisprobleme haben und daher die Schwierigkeiten sowohl an den Versuchen als auch an den Erklärungen gut kennen, wohingegen Betreuer mit physikalischen Background die Versuche und Grundlagen nur überfliegen, da sie bekannt sind, und daher weniger Gefühl für eventuelle Fragen haben. Es wäre Interessant, ob dieses Ergebnis reproduzierbar ist, wenn in einem der nächsten Schülerlabore ebenfalls fachfremde Betreuer eingesetzt werden und dann die Beurteilung ausgewertet wird. Weiterhin ist auffällig, dass die beiden zehnten Klassen die Betreuung schlechter bewertet haben, als die neunten Klassen. Warum die älteren Schüler die Betreuung schlechter bewerten, kann nicht ganz nachvollzogen werden. Sie bemängeln zwar, dass der Betreuer zu selten an der Station war, geben aber gleichzeitig an, er habe bei Fragen immer weitergeholfen und weiterführende Betreuergespräche stufen sie als weniger wichtig ein. Möglicherweise können weitere Schlüsse hierzu aus der Beantwortung der weiteren Fragen gezogen werden.

Im Folgenden soll gegenübergestellt werden, wie gut die jeweiligen Stationen bei den Schülern der unterschiedlichen Klassen angekommen sind. Dazu wird jede Station einzeln betrachtet, wobei mit den induktiven Sensoren begonnen wird, um die Abfolge von oben beizubehalten.

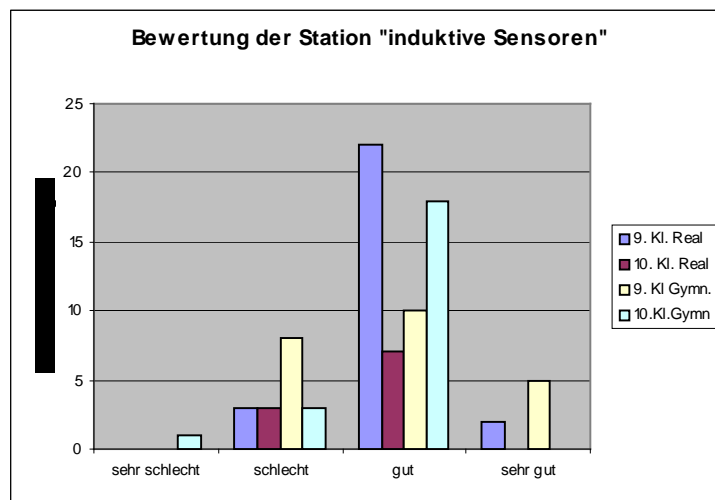


Abb. 51 Bewertung der Station „induktive Sensoren“

Es ist in Abb. 51 zu erkennen, dass nur einer von 83 Schülern diese Station als sehr schlecht bewertet hat und weitere 17, also rund 20 %, ein „schlecht“ vergeben haben. Für die Meisten, nämlich für 57 der 83 Befragten, was einem Anteil von 69 % entspricht, war diese Station gut und von weiteren 8 % wurde sie sogar für sehr gut befunden. Bemerkenswert ist, dass sowohl bei

der neunten Klasse der Realschule, als auch bei der zehnten Klasse am Gymnasium und an der Realschule die Station überwiegend als gut beurteilt wurde. Nur bei der neunten Klasse des Gymnasiums ist die Streuung bei der Bewertung größer. Stellt man dort aber die Stimmen für „sehr gut“ und für „schlecht“ gegenüber und verrechnet diese, entspricht die Verteilung etwa der der anderen Klassen.

Die Station zu passiven Infrarotsensoren schneidet im Gesamtvergleich besser ab, als die induktiven Sensoren. Hier sieht die Bewertung entsprechend Abb. 52 aus.

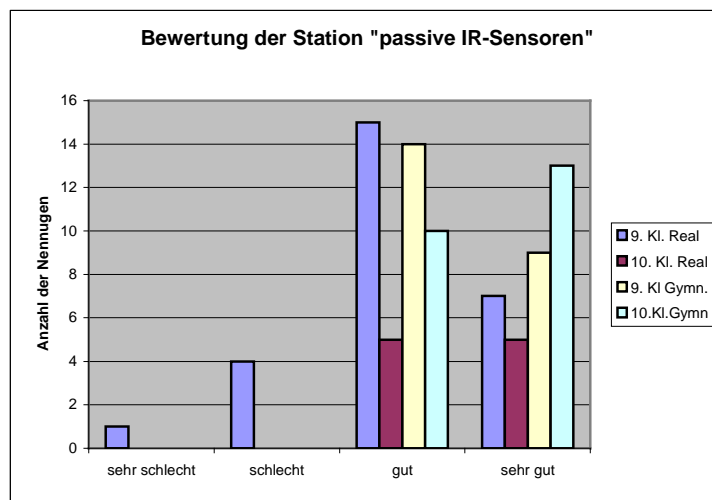


Abb. 52 Bewertung der Station „passive IR-Sensoren“

Es ist zu erkennen, dass nur ein Schüler die Option „sehr schlecht“ gewählt hat und nur vier Stimmen auf „schlecht“ entfallen. 44 der 83 Schüler und Schülerinnen, also ein Prozentualer Anteil von 53 %, bewerteten diese Station als gut und 34 mal, was etwa 41 % entspricht, wurde sogar das Urteil „sehr gut“ gefällt. Hervorzuheben ist, dass die Stimmen für „sehr schlecht“ und „schlecht“ nur von Schülern aus der neunten Klasse der Realschule vergeben wurden. Aber dennoch wurde sowohl bei dieser Klasse, als auch bei der neunten Klasse des Gymnasiums die Station überwiegend mit „gut“ bewertet. Bei der Teilmenge der zehnten Klasse der Realschule sind die Stimmen gleichmäßig auf „gut“ und „sehr gut“ verteilt und bei der zehnten Klasse vom Gymnasium stimmten die Meisten sogar für „sehr gut“. Eine mögliche Ursache für das bessere Abschneiden dieser Station im Vergleich zur vorher betrachteten kann im Umgang mit den IR-Thermometern liegen. Bei Gesprächen mit Schülern während des Labors wurde diese Tätigkeit als weitgehend selbständig gelobt. Auch der Versuch mit der Alarmanlage war für Viele mehr eine nette Spielerei, als ein ernst zu nehmender Versuch, wodurch die Atmosphäre bei dieser Station relativ locker war. Warum jedoch die Unterschiede zwischen den neunten und zehnten

Klassen so deutlich auffallen, muss näher betrachtet werden, wenn weitere Aussagen untersucht wurden.

Die Station zum Regensensor wurde von einem Schüler für sehr schlecht gehalten und weitere fünf fanden diese Station schlecht. Ganze 43 von 83 Befragten bewerteten die Station mit gut und 34 mal wurde ein „sehr gut“ vergeben. In der Grafik von Abb. 53 sieht diese Verteilung folgendermaßen aus.

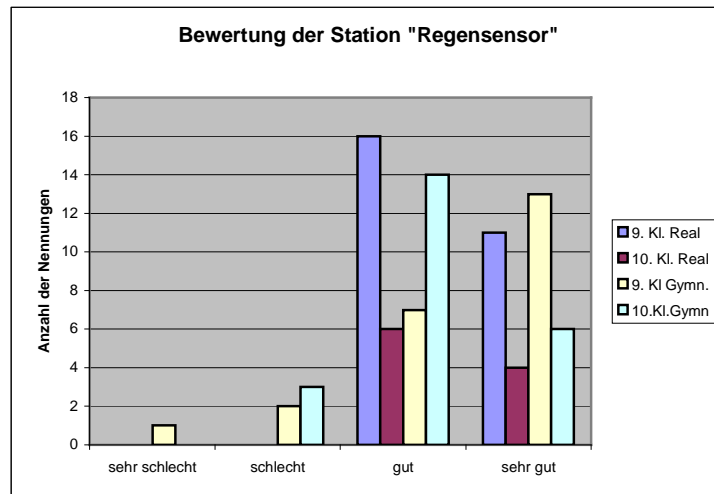


Abb. 53 Bewertung der Station „Regensensor“

Die schlechteren Beurteilungen wurden hier nur von Schülern aus dem Gymnasium gegeben. Nur diese nutzten die volle Bandbreite des Bewertungsspektrums aus. Die Realschüler bewerteten diese Station durchwegs als gut oder sogar sehr gut. Da die Jugendlichen aus der zehnten Klasse des Gymnasiums am häufigsten die Bewertung gut vergeben haben und sogar die meisten Neuntklässer vom Gymnasium mit „sehr gut“ abgestimmt haben, können die rund 7 % der Stimmen für „sehr schlecht“ und „schlecht“ vernachlässigt werden. So kann man insgesamt sagen, dass die Station zum Regensensor gut bis sehr gut bei den Schülern ankommt. In Anbetracht der Tatsache, dass die Station neu entwickelt wurde ist das erzielte Ergebnis sehr gut.

Es bleibt also bei allen drei Stationen zu sagen, dass sie den Schülern „gut“ beziehungsweise „sehr gut“ gefallen haben. Mögliche Gründe hierfür wären selbständiges Experimentieren, gute Betreuung, oder genügend Zeit, um die Station zu durchlaufen. Alle diese Punkte werden noch getrennt voneinander untersucht. In der Summe lässt sich allerdings bereits jetzt erkennen, dass trotz geringer Unterschiede zwischen den Stationen, die durchaus von den weiteren Faktoren beeinflusst werden können, die Bewertung der einzelnen Stationen durch die Schüler sehr gut

ausfällt, wobei die Station zu induktiven Sensoren geringfügig schlechter abschneidet, als die beiden anderen.

Versucht man nun ein „Lieblingsstation“ für die jeweiligen Klassen der einzelnen Schularten zu finden, kann man sagen, dass die Schüler der Realschule die Station zum Regensensor am besten fanden. Die Schüler der neunten Klasse am Gymnasium entschieden sich ebenfalls am häufigsten für die Optionen „gut“ und „sehr gut“ bei dieser Station. Nur die Zehntklässer des Gymnasiums entschieden sich in der Mehrzahl bei den passiven Infrarotsensoren am häufigsten für „sehr gut“. Es ist erstaunlich, dass eine Station, die zuvor nicht erprobt wurde, weil sie erst neu entwickelt wurde am besten bei den Schülern angekommen ist. Beim Entwickeln der Stationen wurde erwartet, dass durch die selbständige Atmosphäre und das spielerische Experimentieren bei den Infrarotsensoren diese Station besonders beliebt ist. Um die Attraktivität der Station zu induktiven Sensoren zu erhöhen wurde vor der Durchführung im Dezember extra der Versuchsteil zur E-Gitarre eingefügt und ein Anschauungsmodell gekauft. Dennoch hat diese Station etwas schlechter abgeschnitten, als die beiden anderen. Der Erfolg des Regensensors kann zum Einen an der Betreuung liegen. Zum Anderen aber auch daran, dass der Sensor sehr explizit erklärt und nachgebaut wird. Auch die Messung mit dem Laptop und das originale Anschauungsmodell haben wohl zum Erfolg der Station beigetragen.

Nachdem die Bewertung der einzelnen Stationen insgesamt untersucht wurde, soll nun ein Blick auf einzelne Teilaspekte geworfen werden, die das Gesamturteil beeinflusst haben könnten. Zunächst wird verglichen, wie selbständig die Schüler sich bei der Bearbeitung der einzelnen Stationen gefühlt haben. Auch hier wird die Reihenfolge von oben eingehalten und mit der Station zu induktiven Sensoren begonnen.

Es ist in Abbildung 54 erkennbar, dass nur bei zwei Jugendlichen das Gefühl dominierte, komplett unselbständig gehandelt zu haben. Weitere 20 Schüler, also etwa 24 %, fühlten sich eher unselbständig, während 54 % angaben, selbständig agiert zu haben. 16 Personen, also etwa 19 % der Befragten, fühlten sich sogar sehr selbständig. Es ist beachtlich, dass die Schüler der zehnten Klasse des Gymnasiums sich deutlich weniger selbständig gefühlt haben, als die der anderen Klassen. Dies kann aber nicht daran liegen, dass ein anderer Betreuer eingesetzt wurde. Es gab nur zwei Betreuer für diese Station und nur einmal wurde der Autor der vorliegenden Arbeit vertreten. Diese Vertretung war bei der Durchführung mit der zehnten Klasse der

Realschule und hier entsprechen die Äußerungen denen der anderen Klassen. Warum die zehnte Klasse des Gymnasiums so stark abweichender Meinung ist, lässt sich noch nicht begründen. Bei allen anderen Klassen liegt das Maximum der Stimmenverteilung bei der Option „selbständig“. Der Grund dafür, dass sich die Neuntklässer vom Gymnasium öfter für „sehr selbständig“ entschieden haben, könnte eventuell darin liegen, dass der entsprechende Betreuer während der Durchführung dieses Labors vom Seminarleiter, Herrn Völker, beobachtet wurde und ein Feedback erhalten hat. Dieses beinhaltete auch den Hinweis, Fragestellungen umzuformulieren oder generell Fragen so zu stellen, dass Schüler das Gefühl haben, selbst die Antwort gefunden zu haben. Dadurch, dass die Fragen nur als Hilfestellung oder Anreiz gesehen werden und nicht als Vorgabe für das weitere Vorgehen, bleibt bei den Schülern der Eindruck von Selbständigkeit erhalten. Leider war es aus terminlichen Gründen nicht möglich, das Feedback bereits bei einer früheren Labordurchführung zu geben, sonst hätte dieser Punkt, der scheinbar sehr deutlich in die Bewertung mit einfließt, früher berücksichtigt werden können.

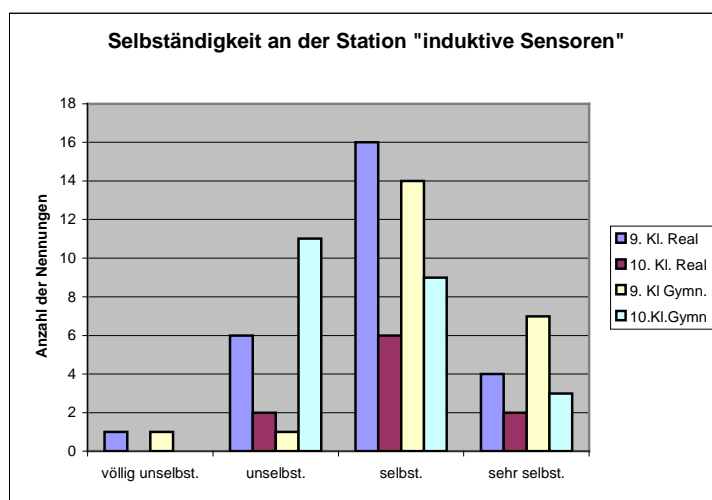


Abb. 54 Gefühlte Selbständigkeit an der Station „induktive Sensoren“

Um die Bewertung der zehnten Klasse des Gymnasiums besser einschätzen zu können, muss die Beurteilung an den anderen Stationen mit einbezogen werden.

Dazu sollen nun die Ergebnisse an der Station zu passiven Infrarotsensoren näher verglichen werden. Auch hier entfällt wieder eine Stimme auf die Option „völlig unselbständig“ und insgesamt sieben Schüler, ein Anteil von etwa 8 %, konnte nach eigenen Angaben nur relativ unselbständig handeln. 43 % der Befragten gaben hingegen an, selbständig experimentiert zu haben und 46 % sprachen sich für die Option „sehr selbständig“ aus. Damit hat sich die Mehrheit dahingehend geäußert, sehr selbständig gearbeitet zu haben. Der Anteil, der sich anderweitig

geäußert hat beläuft sich nur auf etwa 11 %. Damit ist das Gesamtergebnis an dieser Station sehr erfreulich. Auffällig ist bei der Auswertung der Grafik, dass sich die Schüler der Realschule am häufigsten für „selbständig“ entschieden haben während die Gymnasiasten größtenteils für „sehr selbständig“ stimmten.

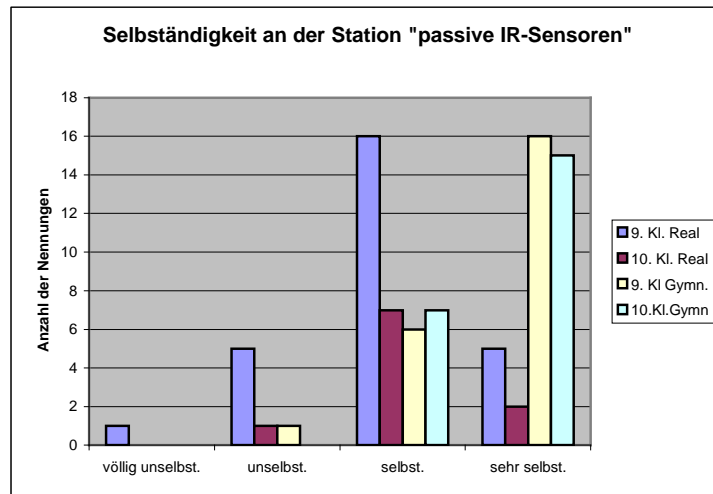


Abb. 55 Gefühlte Selbständigkeit an der Station „passive IR-Sensoren“

Der einzige Unterschied zwischen den Labordurchführungen mit den Realschülern und Gymnasiasten lag in der Betreuung der Station. Bei den beiden Klassen aus dem Gymnasium wurde die Station zu passiven IR-Sensoren von Herrn Christoph Stolzenberger betreut. Wie die Auswertung von Abbildung 55 zeigt, scheint er hervorragende Arbeit geleistet zu haben. Das Ziel des Lernlabors war ja, den Schülern die Möglichkeit zu geben, möglichst selbständig in die Welt der Sensoren vorzudringen. Dies scheint durch die Betreuung von Herrn Stolzenberger sehr gut gelungen zu sein. Es ist aber vor allem auch deutlich zu erkennen, dass die Zehntklässer vom Gymnasium nicht generell, also an allen Stationen antworteten, unselbständiger gearbeitet zu haben, als die anderen Klassen. Es scheint viel mehr von der Betreuung an der jeweiligen Station abzuhängen.

Abschließend soll auch noch untersucht werden, wie die Schüler bei der Station zum Regensensor die Selbständigkeit ihres Handelns einstufen. Dabei ist zu erkennen, dass wieder eine Stimme auf die Option „völlig unselbständig“ fällt. Wie oben bei der Einzelbetrachtung bereits erwähnt wurde, stammen die Bewertungen mit dieser Option bei der neunten Klasse der Realschule allesamt von einem einzigen Schüler. Warum er sich jeweils für diese Option entscheidet, bleibt unklar.

13 der 83 Schüler, also etwa 16 %, gaben an, unselbständig gearbeitet zu haben. Die meisten Stimmen, nämlich 53 %, wurden für die Wahlmöglichkeit „selbständig“ abgegeben und etwa 30 % sagten aus, sehr selbständig gearbeitet zu haben.

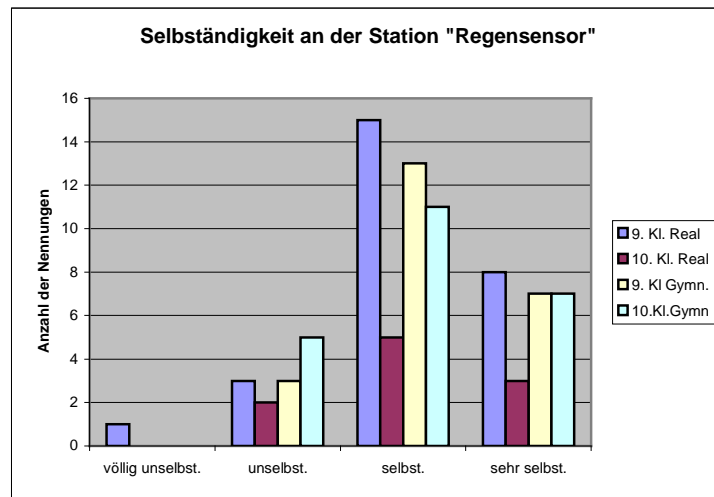


Abb. 56 Gefühlte Selbständigkeit an der Station „Regensensor“

Ein Unterschied zwischen den jeweiligen Klassen ist in Abbildung 56 nicht erkennbar und davon ausgehend, dass circa 83 % der Jugendlichen das Gefühl hatten (sehr) selbständig gearbeitet zu haben, kann man sagen, dass die insgesamt drei Betreuer dieser Station ihre Arbeit sehr gut gemacht haben.

Im Vergleich der einzelnen Stationen untereinander fällt auf, dass die Schüler durchweg das Gefühl hatten, selbständig arbeiten zu können. Die geringfügigen Unterschiede lassen sich zum Teil auf das Verhalten der Betreuer zurückführen. Außerdem war an der Station zu induktiven Sensoren ein Experiment als Betreuerversuch beschrieben, nämlich der Versuch zum Magnetfeld einer Stromdurchflossenen Spule. Im Skript wurde der Versuch nachträglich dahingehend geändert, dass er nun selbständig durchgeführt werden kann. Rückblickend kann man folgern, dass die Station eventuell insgesamt schlechter bewertet wurde, weil die Schüler sich nicht so selbständig gefühlt haben, wie an den übrigen Stationen.

Im Folgenden soll betrachtet werden, ob die Schüler an den Stationen Zeitdruck verspürt haben, oder ob der zeitliche Ablauf angemessen war. Generell ist vorwegzunehmen, dass pro Station etwa 60 Minuten Zeit eingeplant waren und beim Wechsel zwischen den einzelnen Laborstationen jeweils eine Pause von fünf bis zehn Minuten eingehalten wurde. Die Pause wurde zum Essen und Trinken, sowie zum Lüften der Räume genutzt.

Auch hier wird wieder zuerst die Station „induktive Sensoren“ ausgewertet. Die grafische Verteilung der Stimmen entspricht dabei Abbildung 57.

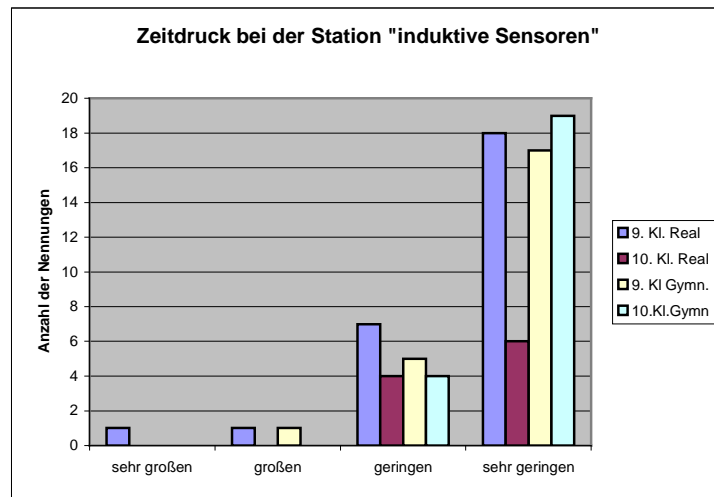


Abb. 57 Zeitdruck an der Station „induktive Sensoren“

Die Schüler wählten insgesamt nur drei Mal die Option „sehr großen Zeitdruck“ beziehungsweise „großen Zeitdruck“. Etwa 24 % der Befragten gab an, geringen Zeitdruck verspürt zu haben und 72 % gaben an, an dieser Station ausreichend Zeit gehabt zu haben. Signifikante Unterschiede zwischen den Klassen sind hier nicht festzustellen. Generell wäre eine Verteilung der Stimmen ähnlich wie hier wünschenswert. Ein noch größerer Anteil bei der Wahlmöglichkeit „sehr geringen Zeitdruck“ würde bedeuten, dass die Schüler eventuell schon zuviel Zeit an den einzelnen Stationen hatten. Die Zeit knapper zu bemessen wäre aber auch falsch, weil dann eventuell nicht genügend Möglichkeiten zu Diskussionen mit Betreuern bestünden.

Auch bei den passiven IR-Sensoren sieht die Grafik ähnlich der Abbildung von oben aus (vgl. Abb. 58).

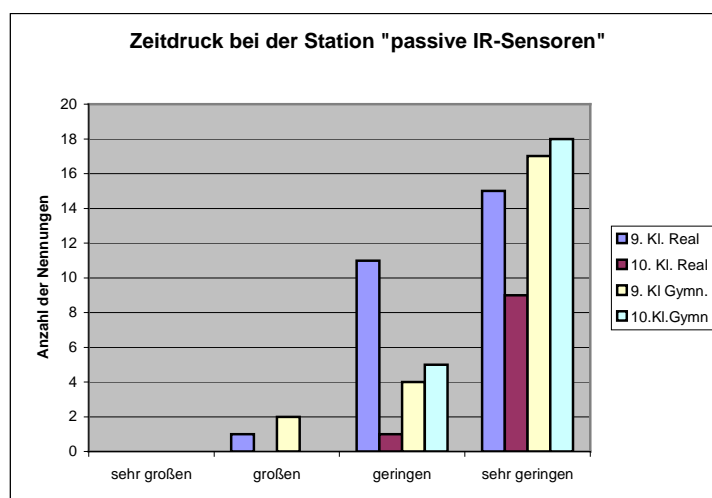


Abb. 58 Zeitdruck an der Station „passive IR-Sensoren“

Auch hier entfallen nur drei Stimmen auf die Option „großen Zeitdruck“. Etwa 25 % der Schüler bewerteten den Zeitdruck als gering und 72 % sogar als sehr gering. Auch hier ist die Verteilung nach Ansicht des Autors gut und lässt den Schluss zu, dass die zeitliche Planung voll aufgegangen ist. Es ist allerdings erstaunlich, dass die Befragten bei dieser Station so geringen Zeitdruck verspürt haben, da hier bei jeder Durchführung am meisten Zeit benötigt wurde und die Betreuer angewiesen waren, etwas zügiger durch die Station zu führen, um die Pausen für die anderen Gruppen nicht zu lang werden zu lassen. Bei genauerem Hinsehen fällt auf, dass bei der neunten Klasse der Realschule die Tendenz erkennbar ist, den Zeitdruck als minimal größer anzusehen, als bei der Station zur Induktion.

Es bleibt zu untersuchen, wie die Schüler die Zeitplanung beim Regensensor einschätzen. Auch hier entfallen nur vier Stimmen auf die Option „großer Zeitdruck“. Etwa 22 % geben an, geringen Zeitdruck verspürt zu haben und 73 % wählten die Option „sehr geringer Zeitdruck“.

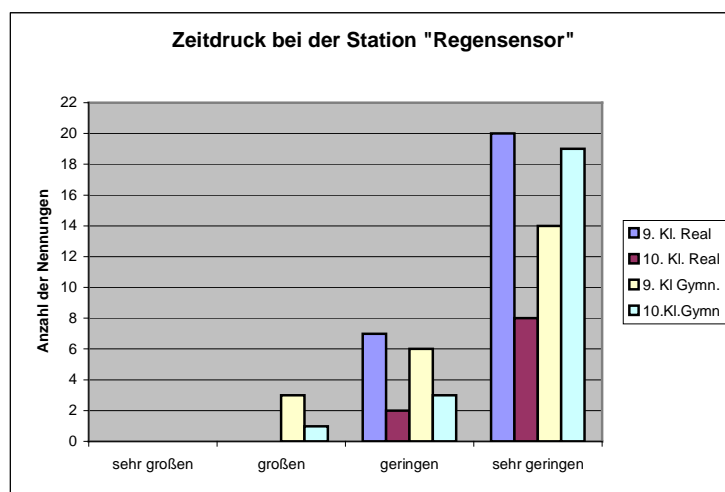


Abb. 59 Zeitdruck an der Station „Regensensor“

Abermals entspricht die Verteilung aus Abb. 59 dem gewünschten Muster. Es ist im Nachhinein erfreulich, dass diese neu entwickelte Station so gut in den zeitlichen Rahmen passt, der durch die beiden anderen Stationen vorgegeben war. Im Vorfeld der Durchführung konnte dieser Punkt nur schwer abgeschätzt werden, da zu der entsprechenden Station keinerlei Referenzwerte vorlagen.

Insgesamt fällt auf, dass die Zeitplanung für dieses Schülerlabor durchaus passend war. Über die Länge der Pause zwischen zwei Stationen kann man unterschiedlicher Meinung sein, aber eine generelle Pause nach zwei Stationen von einer halben Stunde ist nach Ansicht des Autors überflüssig. Der Betreuungslehrer der zehnten Klasse der Realschule hat diese Pause ohne

Wissen des Laborpersonals festgelegt und so die zeitliche Abfolge des Labors vollkommen gestört, obwohl der Ablauf im Vorfeld abgesprochen war. Dennoch fällt die Beurteilung der Schüler nicht anders aus, als die der anderen Klassen. Dass nur ein einziger Schüler bei einer Station angegeben hat, sehr großen Zeitdruck verspürt zu haben ist mehr als erfreulich, da Wert darauf gelegt wurde, genug Zeit zum selbständigen Experimentieren und für Betreuergespräche zu lassen.

Bei der nächsten Frage sollte angegeben werden, wie verständlich die einzelnen Stationen waren. Damit war sowohl das Skript, als auch der Inhalt der Station gemeint.

Für die induktiven Sensoren zeigt sich die folgende Verteilung von Stimmen (vgl. Abb. 60).

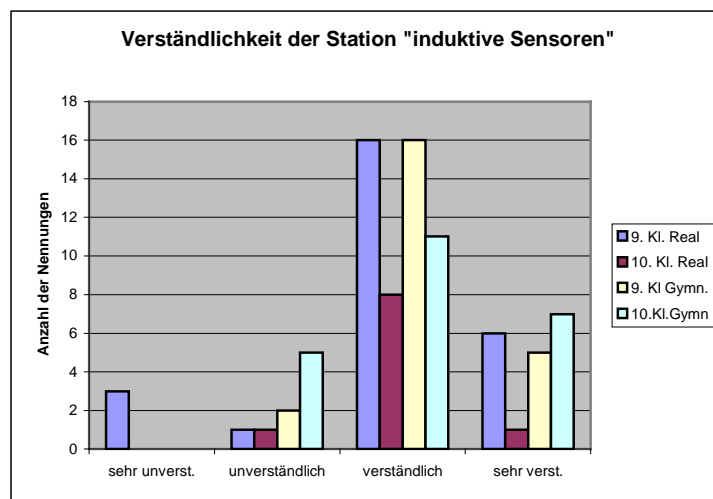


Abb. 60 Verständlichkeit der Station „induktive Sensoren“

12 der 83 Stimmen, also etwa 14 %, entfallen auf die beiden Optionen „sehr unverständlich“ und „unverständlich“. 62 % gaben an, die Station sei verständlich gewesen und 24 % hielten die Station sogar für sehr verständlich. Bei allen Klassen liegt das Maximum der Stimmenverteilung bei der Wahlmöglichkeit „verständlich“, aber es ist auffällig, dass nur Neuntklässer der Realschule die Station als sehr unverständlich einstufen. Das ist mit großer Sicherheit darauf zurückzuführen, dass für diese Schüler die Induktion vor dem Labor noch nicht bekannt war. Bei den anderen Klassen zeigt sich nahezu einheitlich das selbe Bild. Die zehnte Klasse der Realschule hat nach Angaben der Schüler zur Zeit des Lernlabors aktuell Induktion behandelt und war daher auch relativ fit bei den Erklärungen für das Gesehene. Da die Anzahl der Schüler, die diese Station für verständlich oder sogar sehr verständlich halten, deutlich über 85 % liegt, muss das Handout hier nicht noch einmal überarbeitet werden.

Bei den passiven Infrarotsensoren wurde die Verständlichkeit der Station durch die Schüler entsprechend Abbildung 61 bewertet. Insgesamt haben nur fünf Schüler ausgesagt, die Station sei (sehr) unverständlich gewesen. Ganze 55 % Waren der Meinung, die Station sei verständlich gewesen und rund 37 % haben diese Station als sehr verständlich bewertet.

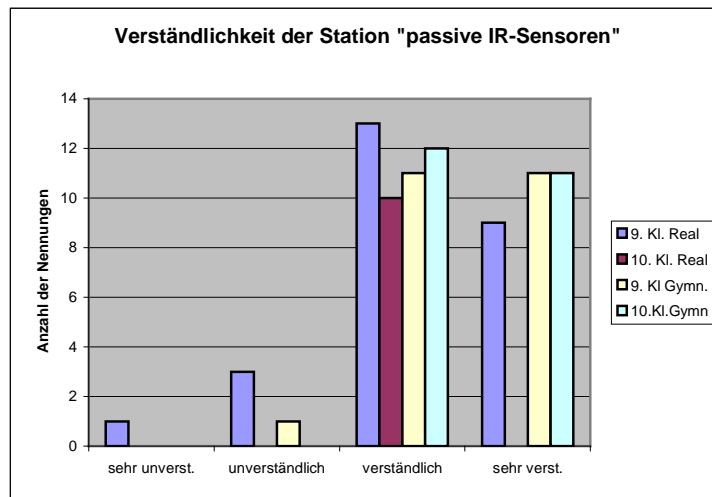


Abb. 61 Verständlichkeit der Station „passive IR-Sensoren“

Auffällig ist, dass die Jugendlichen der zehnten Realschulklasse sich geschlossen für die Option „verständlich“ entschieden haben. Auch die zehnte Klasse vom Gymnasium hat nur die Auswahlmöglichkeiten „verständlich“ und „sehr verständlich“ gewählt und nur ein Neuntklässer vom Gymnasium fand die Station unverständlich. Erneut sagten deutlich am meisten Realschüler aus, hier Verständnisprobleme gehabt zu haben. Insgesamt scheint die Verständlichkeit der Station dennoch sehr gut zu sein, was als Hinweis auf eine gelungene Überarbeitung des Skripts gesehen werden kann.

Nun bleibt noch die Auswertung der Station zum Regensensor, der einzigen Station, die nicht überarbeitet, sondern neu erstellt wurde. Auch hier wurde insgesamt nur fünfmal ausgesagt, das Handout und die Versuchserklärungen seien unverständlich beziehungsweise sehr unverständlich gewesen. Etwa 63 % der Befragten befanden die Station für verständlich und weitere 30 % vergaben das Prädikat „sehr verständlich“. Besonders auffällig ist, dass bei drei der vier Klassen die meisten Stimmen auf die Option „verständlich“ entfallen. Nur bei der zehnten Klasse aus dem Gymnasium hat sich der größte Teil der Klasse für „sehr verständlich“ entschieden. Ob dafür das höhere Alter verantwortlich gemacht werden kann, oder ob eventuell der Umgang mit Computermesssystemen bekannt war, kann im Nachhinein leider nicht mehr festgestellt werden.

Die gleichaltrige Referenzgruppe aus der Realschule hat wesentlich häufiger angegeben, die Station sei verständlich gewesen.

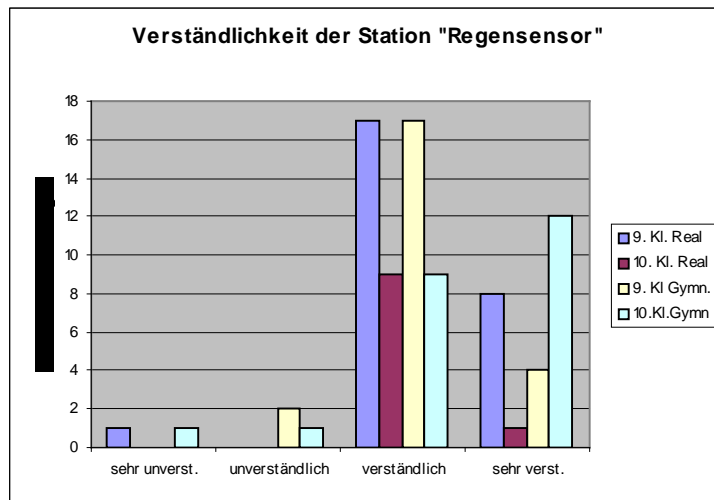


Abb. 62 Verständlichkeit der Station „Regensensor“

Abbildung 62 weist darauf hin, dass die Station auf Anhieb gutverständlich gelungen ist. Vermutlich ist dies auf die Erfahrungen aus dem Seminar und dem bereits durchgeführten Lernlabor zurückzuführen. Auch die Überarbeitung von Herrn Völker war an dieser Stelle erneut sehr hilfreich.

Im Gesamtvergleich der drei Stationen fällt auf, dass die Schüler die Induktionsstation etwas schlechter verständlich fanden, als die beiden anderen. Darin könnte auch eine Ursache für das geringfügig schlechtere Abschneiden dieser Station in der Bewertung von oben gesehen werden. Dennoch ist die Verständlichkeit der Stationen für die Schüler angemessen, für die das Lernlabor erstellt wurde. Auch die Induktion war im Großen und Ganzen für die Neuntklässer der Realschule relativ gut verständlich. Dies dürfte vor allem daran liegen, dass hier besonderer Wert darauf gelegt wurde, die Grundlagenversuche und Erklärungen mit in das Skript aufzunehmen. Man kann also zusammenfassend sagen, dass das Niveau des Schülerlabors Sensoren den zuvor gesetzten Vorgaben entspricht und das Labor durchaus für die neunte und zehnte Klasse angemessen ist. Dabei ist egal, von welchem Schultyp die Schüler kommen.

Nun soll auch die Betreuung an den einzelnen Stationen noch einmal näher daraufhin untersucht werden, wie hilfreich sie für die Jugendlichen der jeweiligen Klassen war. Dabei ist vorwegzunehmen, dass es leider nicht möglich war, im Rahmen des hier durchgeführten Labors Betreuer zu finden, die eine Station mehr als zweimal betreuen konnten. So hatte weder der

Autor, noch der Seminarleiter, Herr Völker, die Möglichkeit, die Betreuung zu beobachten und Tipps zu geben. Für die kommenden Schülerlabore wäre es gut, sich möglichst frühzeitig um Betreuer zu kümmern, die möglichst oft eine bestimmte Station begleiten.

Die Schüler bewerteten die Betreuung an der Station zu induktiven Sensoren folgendermaßen. Etwa 7 % fanden die Betreuung nicht hilfreich und 17 % entschieden sich dazu, die Betreuung als wenig hilfreich zu bewerten. Etwa 52 % bewerteten sie als „hilfreich“ und 24 % als sehr hilfreich.

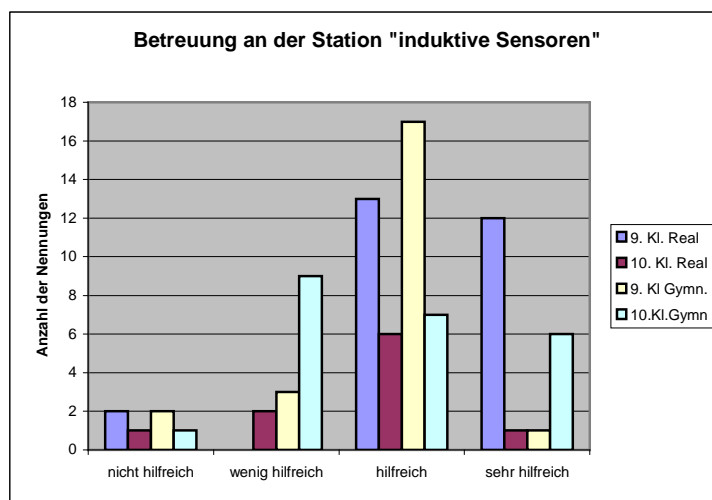


Abb. 63 Beurteilung der Betreuung „induktive Sensoren“

Hier ist das Empfinden der einzelnen Klassen sehr unterschiedlich, was auch aus Abbildung 63 abgelesen werden kann. So verteilen sich die Stimmen der neunten Klasse der Realschule fast gleichmäßig auf die beiden Optionen „hilfreich“ und „sehr hilfreich“. Bei der anderen neunten Klasse und bei den Zehntklässern der Realschule liegt das Maximum der vergebenen Stimmen bei „hilfreich“. Von den Schülern der zehnten Klasse vom Gymnasium wurde am häufigsten die Option „wenig hilfreich“ gewählt. Dies ist besonders bemerkenswert, da diese Klasse das Labor als zweites besucht hat und die erste Klasse, die zu Besuch war, nämlich die neunte Klasse der Realschule, die Betreuung am häufigsten als sehr hilfreich angesehen hat. Da bei beiden Durchführungen der Autor diese Station betreut hat, und zumindest bewusst keine Änderungen vorgenommen wurden, muss der Grund für die Bewertung an einer anderen Stelle gesucht werden. Es kann natürlich sein, dass die Schüler von der Realschule, die mit dem Thema der Station noch nicht vertraut waren, häufiger Fragen hatten, die mit dem Betreuer geklärt wurden. Das würde hier die bessere Bewertung erklären. Wenn die Gymnasiasten hingegen nur wenige Fragen hatten, kann es durchaus sein, dass dies der Grund für die abweichende Beurteilung ist. Es

kann allerdings auch wieder vermutet werden, dass das Ergebnis bei dieser Frage sich auf die Beantwortung der Frage nach der Bewertung der Stationen ausgewirkt hat.

Bei den passiven Infrarotsensoren ist die Stimmenverteilung klassenübergreifend fast identisch (vgl. Abb. 64). So gaben drei Schüler an, die Betreuung sei nicht hilfreich gewesen und für weitere 10 % wirkte sie nur wenig hilfreich. Für die Meisten, rund 57 %, war die Betreuung hilfreich und 30 % gaben sogar an, die Betreuer hätten ihnen sehr weitergeholfen.

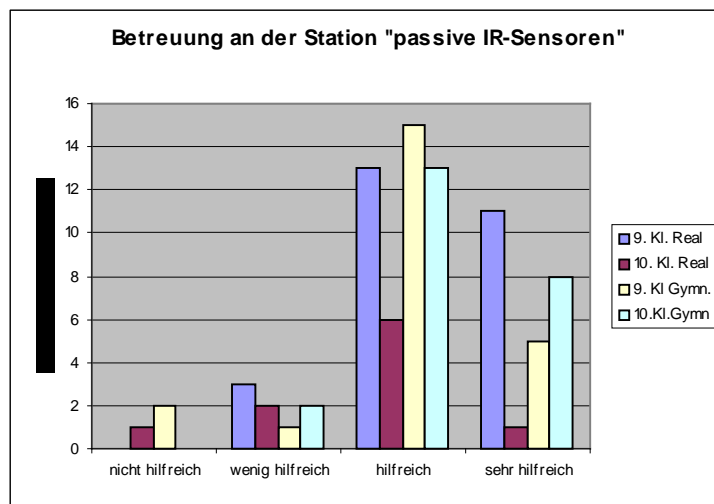


Abb. 64 Beurteilung der Betreuung „passive Infrarotsensoren“

Es ist bemerkenswert, dass an dieser Station doch deutlich mehr Stimmen auf die beiden Optionen „hilfreich“ beziehungsweise „sehr hilfreich“ entfallen, als an der zuvor betrachteten Station. Wenn man versucht, Rückschlüsse auf den Betreuer zu ziehen, so muss gesagt werden, dass jeweils die beiden Gymnasialklassen von der selben Person betreut wurden. Im Vergleich dieser beiden Klassen fällt jedoch auf, dass der Anteil der zuerst betreuten zehnten Klasse an den Stimmen für „sehr hilfreich“ größer ist, als der der neunten Klasse, die erst als letztes das Labor besucht hat. Es kann also nicht auf einen Erfolg durch Lernen geschlossen werden. Nichtsdestotrotz sind die beiden Ergebnisse sehr gut und die Unterschiede dürften durch die subjektive Wahrnehmung der jeweiligen Klasse entstanden sein.

Auch die Betreuung der Regensensorstation schneidet bei der Bewertung sehr gut ab. So waren nur zwei Schüler der Meinung, die Betreuung sei nicht hilfreich gewesen. Weitere 18 % gaben an, die Betreuung habe nur wenig weitergeholfen. Knapp 40 % der Befragten sagten aus, die Betreuung sei hilfreich gewesen und weitere knapp 40 % gaben an, dass ihnen die Betreuer an dieser Station sehr weitergeholfen haben. Auch hier lassen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen erkennen. So sind die Stimmen bei der zehnten Klasse der Realschule und der

neunten Klasse des Gymnasiums fast gleichmäßig auf die drei Antwortoptionen „wenig hilfreich“, „hilfreich“ und „sehr hilfreich“ verteilt.

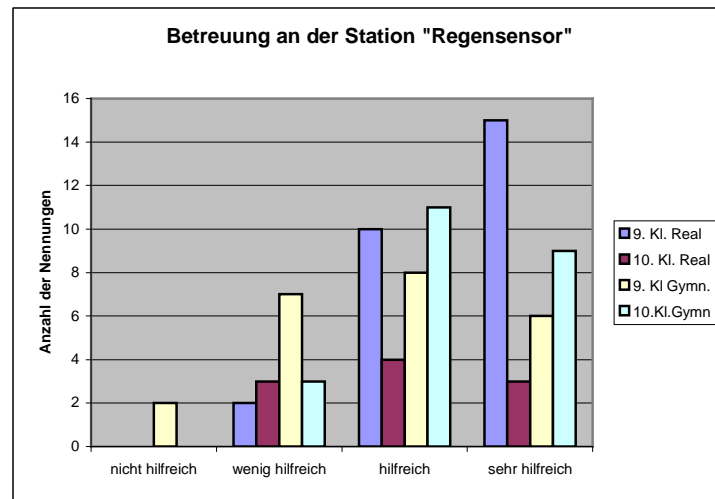


Abb. 65 Beurteilung der Betreuung „Regensensor“

Bei der zehnten Klasse des Gymnasiums entfallen die meisten Stimmen auf „hilfreich“ und fast gleich viele auf „sehr hilfreich“, wie man Abb. 65 entnehmen kann. Bei der neunten Klasse der Realschule wurde sogar am häufigsten mit „sehr hilfreich“ geurteilt. Die beiden letztgenannten Gruppen wurden von der gleichen Betreuerin durch die Station geführt. Beachtlich ist auch hier wieder, dass es sich dabei um eine fachfremde Betreuerin handelt.

Man kann also aus der Beurteilung der Betreuung zwei Sachen ableiten. Zum einen zeigt sich hier wieder, dass die Betreuung durch fachfremdes Personal nicht zwingend von Nachteil ist, sondern eher im Gegenteil bei den Schülern sogar besser ankommt. Zum anderen schneidet auch die Betreuung an der Station zu induktiven Sensoren schlechter ab, wodurch die geringfügig schlechtere Beurteilung der gesamten Station erklärt werden kann.

Im nun folgenden Abschnitt soll gegenübergestellt werden, wie die Schüler der verschiedenen Klassen ihren persönlichen Lernzuwachs an den einzelnen Stationen beurteilen. Dabei wird es spannend sein, zu sehen, welche Station aus Sicht der Jugendlichen am meisten neue Inhalte enthält.

Zu Beginn wird auch hier die Station zu induktiven Sensoren betrachtet. Knappe 10 % der Befragten waren der Ansicht, keinerlei Lernzuwachs erfahren zu haben. Für den größten Teil, nämlich rund 51 % war der Lernzuwachs zumindest gering. Etwa 34 % waren der Meinung, sie

hätten durch das Labor einen hohen Wissenszuwachs und vier Schüler stufen den Zuwachs sogar als „sehr hoch“ ein.

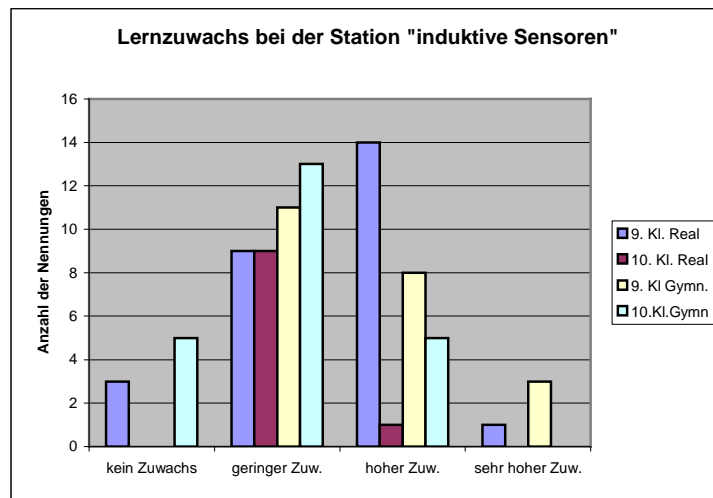


Abb. 66 Beurteilung des Lernzuwachses „induktive Sensoren“

Es ist dabei in Abbildung 66 deutlich zu erkennen, dass die Neuntklässer der Realschule am häufigsten das Gefühl hatten, etwas neues gelernt zu haben. Diese Erkenntnis scheint aus zwei Gründen sinnvoll. Zum Einen war Induktion für sie absolutes Neuland und der Wissenszuwachs daher relativ groß und zum Anderen war diese Station so auf die Grundlagen der Induktion ausgelegt, dass sie Schüler der übrigen Klassen dadurch wenig neues erfahren haben, sondern mehr ihr bestehendes Wissen aufgefrischt haben. Daher ist klar, warum der Wissenszuwachs an dieser Station von vielen als gering eingeschätzt wird. Dieses Ergebnis war allerdings schon im Vorfeld abzusehen.

Wenn diese Vermutung stimmt, dann müsste sich nun bei den anderen Stationen ein deutlich höherer Lernzuwachs zeigen. Dazu soll zunächst ein Blick auf die Aussagen an der Station zu passiven Infrarotsensoren geworfen werden. Hier sagten lediglich zwei Schüler aus, kein neues Wissen erworben zu haben. Etwa 24 % verspürten einen geringen Lernzuwachs, wohingegen bei 60 % das Gefühl entstand, relativ viel neues gelernt zu haben. 13 % der Befragten bewerten den Lernzuwachs sogar als sehr hoch. Zunächst einmal fällt in Abbildung 67 auf, dass es nur sehr geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen gibt. Weder zwischen den verschiedenen Schularten, noch zwischen den unterschiedlichen Jahrgängen. Die Hauptursache für die annähernd gleichen Beurteilungen dürfte darin zu finden sein, dass Infrarot- und Wärmestrahlung, wenn überhaupt nur sehr kurz im Unterricht behandelt wird und daher kaum Vorwissen bei vorhanden ist, auf das zurückgegriffen werden kann. Es ist aber erfreulich zu

sehen, dass durch die Versuche, die Betreuergespräche, die Informationstafeln an den Arbeitsplätzen und die Erklärungen im Handout neues Wissen vermittelt werden konnte.

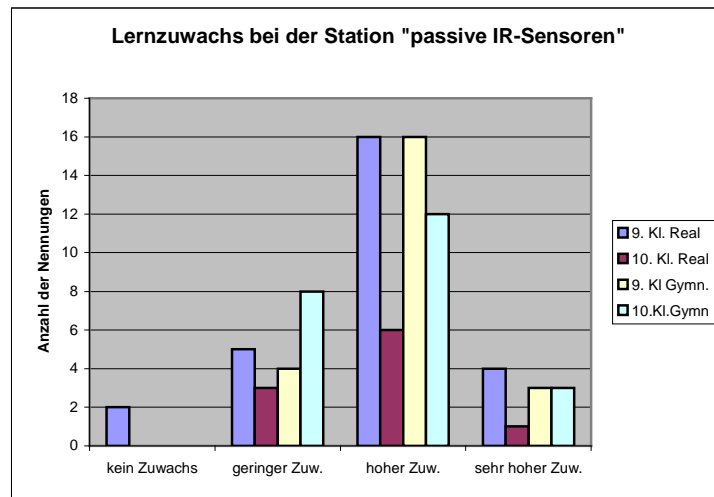


Abb. 67 Beurteilung des Lernzuwachses „passive IR-Sensoren“

Vermutlich war der Umgang mit Infrarotthermometer und der Einsatz der Rettungsdecke für die Meisten noch unbekannt. Dadurch, dass die physikalischen Hintergründe nur gestreift wurden entstand auch nicht der Eindruck, mit neuem Wissen „überflutet“ zu werden.

Auch beim Regensensor zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Dort haben vier Jugendliche keinen Lernzuwachs verspürt. Bei 24 % der Schüler wurde das Wissen zumindest geringfügig erweitert und 45 % haben einen hohen Lernzuwachs empfunden. Als „sehr hoch“ stufen weitere 29 % der Befragten ihren Lernzuwachs ein. In der Grafik, Abb. 68, zeigt sich das folgende Bild.

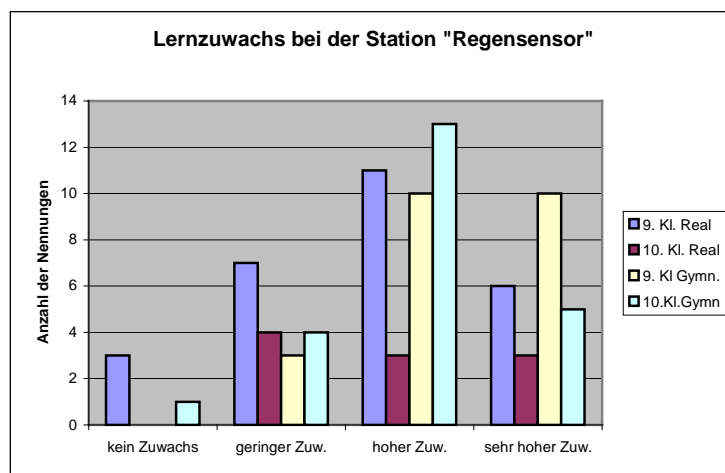


Abb. 68 Beurteilung des Lernzuwachses „passive Regensensor“

Es fällt hierbei auf, dass die Zehntklässer der Realschule ihren Wissenszuwachs geringer einstufen, als die übrigen Gruppen. Bei den Neuntklässern der Realschule und den älteren

Gymnasiasten wurde am häufigsten angegeben, der Lernzuwachs sei hoch gewesen. Bei den Schülern der neunten Klasse des Gymnasiums sind die Stimmen sogar gleichmäßig zwischen den Optionen „hoher Lernzuwachs“ und „sehr hoher Lernzuwachs“ verteilt und nur drei Schüler der Gruppe gaben an, lediglich einen geringen Lernzuwachs gehabt zu haben.

Mit Sicherheit liegt der Lernzuwachs an dieser Station nicht an den physikalischen Grundlagen, denn es wird lediglich die Totalreflexion behandelt, die bereits aus dem Anfangsunterricht im Fach Physik bekannt ist. Das neu gelernte beschränkt sich hier nur auf die tatsächliche Funktionsweise.

Insgesamt zeigt sich, dass die Schüler vor allem an Stationen etwas mitnehmen, wenn das vermittelte Wissen nicht zu theoretisch wird und ein Alltagsbezug hergestellt werden kann. Rückblickend wäre es eventuell angemessener gewesen, auch bei den induktiven Sensoren nur einen oder zwei spezielle Sensoren herauszugreifen und diese intensiver zu behandeln. Da das Labor allerdings das Ziel hatte möglichst viele verschiedene Sensoren vorzustellen, war das leider nicht möglich.

Die Schüler sollten anschließend angeben, ob sie die Möglichkeit hatten, die Betreuer zu fragen. Dadurch sollte überprüft werden, ob es ausreicht, ein Betreuer für zwei Stationen einzusetzen, ohne dass das Gefühl entsteht, der Betreuer habe keine Zeit, um auf die Probleme der einzelnen Gruppen einzugehen. Leider ist erst im Nachhinein aufgefallen, dass die Fragestellung im Wesentlichen nur mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden kann, denn entweder besteht die Möglichkeit Fragen zu stellen, oder sie besteht nicht. Der Fragebogen lässt allerdings die Antwortmöglichkeiten „stimmt gar nicht“, „stimmt wenig“, „stimmt ziemlich“ und „stimmt völlig“ zu. Zur Vereinfachung wird bei der Auswertung nur zwischen Zustimmung und Ablehnung unterschieden. Dabei fällt auf, dass 88 % der Schüler dieser Aussage zustimmen und nur zehn Personen anderer Ansicht sind. Zu Beginn des Fragebogens sollte die Betreuung bewertet werden und eine kurze Begründung abgegeben werden, warum diese Note vergeben wurde. Danach war Platz um Verbesserungsvorschläge zu machen. Dabei wurde mehrfach gesagt, die Betreuer seien sehr selten bei der Gruppe gewesen und sie sollten öfter da sein, um Fragen zu klären. Das steht deutlich im Widerspruch zu dem Schluss, der aus dieser Frage gezogen werden muss. Es gibt zwei mögliche Erklärungen für diesen scheinbaren Widerspruch. Zum einen kann es sein, dass die Schüler zwar durchaus die Möglichkeit hatten, ihre Fragen zu stellen, aber eventuell nicht sofort, sondern erst, wenn der Betreuer wieder bei der Gruppe war.

Dadurch kommt es vor, dass viele Fragen erst gar nicht gestellt werden, weil in der Zwischenzeit neue, vermeintlich wichtigere Fragen aufgetaucht sind. Vermutlich sind es aber oft die kleinen, scheinbar unwichtigen Fragen, die zum tieferen Verständnis eines Versuchs oder einer Station beitragen können. Die andere Erklärung, warum die Befragten zu Beginn des Fragebogens diese Aussage getroffen haben, könnte darin liegen, dass sie noch relativ wenig Erfahrung mit dem selbständigen Arbeiten an Schülerversuchen haben. Die Anwesenheit eines Betreuers hätte eventuell mehr Sicherheit vermittelt, auch aus dem Grund, dass er bei Fragen sofort weiterhelfen kann und die Schüler so nicht das Gefühl haben, mit der Bearbeitung auf sich alleine gestellt zu sein. Ein Verbesserungsvorschlag für kommende Labore, bei denen sich ein Betreuer auf zwei Stationen verteilt, könnte sein, dass am Ende jeder Station in einer Fragerunde offene Fragen geklärt werden, oder an jeder Station ein Zettel ausgelegt wird, auf dem die Schüler ihre Fragen notieren können. Anhand dieses Notizzettels kann der Betreuer kurz vor dem Wechsel zur nächsten Station erkennen, ob alle Fragen angesprochen wurden, oder ob noch Klärungsbedarf besteht.

Mit der nächsten Frage sollte untersucht werden, ob die Formulierung der Handouts so gelungen ist, dass die Anleitungen verständlich waren. Dazu sollte die Aussage „Ich habe die Anleitung gut verstanden“ wieder mit den vier Optionen von oben bewertet werden. Bei der Auswertung der Fragebögen zeigt sich, dass nur ein Schüler dieser Aussage gar nicht zustimmt. Etwa 18 % stimmen eher weniger zu und 54 % stimmen überwiegend zu. Circa 27 % hingegen sind der Meinung, die Aussage sei vollkommen zutreffend. Das heißt, dass das Skript vom Großteil der Schüler gut verstanden werden konnte. Leider liegt keine Aufschlüsselung nach den einzelnen Stationen vor, sonst wäre deutlich erkennbar, welcher Teil eventuell noch einmal überarbeitet werden müsste. Aber im Großen und Ganzen stellt das vorliegende Ergebnis durchaus zufrieden. Vor allem bei der Station zum Regensensor war im Vorfeld besonderen Wert darauf gelegt worden, die Messung mit dem Computer sehr kleinschrittig zu erklären, da hier nicht nur der Aufbau, sondern auch die Versuchsdurchführung und der Umgang mit der Messsoftware Schwierigkeiten bereiten konnte. Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen sind kaum feststellbar. Nur die Zehntklässer des Gymnasiums haben eine relativ große Streuung bei den Antworten. Hier wurden die Antwortmöglichkeiten „stimmt wenig“, „stimmt ziemlich“ und „stimmt völlig“ etwa gleich oft gewählt, während bei den anderen Klassen ein deutliches Maximum an der Option „stimmt ziemlich“ zu erkennen ist.

Neben dem Verständnis der Anleitung sollte auch herausgefunden werden, ob beim Suchen und Finden der Erklärungen für die Ergebnisse der Versuche alle Schüler beteiligt waren, oder ob nur wenige damit beschäftigt waren und die anderen dann die Ergebnisse übernommen haben. Die aktive Beteiligung aller ist ein entscheidendes Kriterium, wenn es um die Beurteilung des Lernlabors geht. Nur wenn es gelingt, möglichst viele Jugendliche selbsttätig in das Labor zu integrieren, kann man das Labor als gelungen bewerten. Im durchgeführten Labor waren nur 4 % der Befragten der Ansicht, gar nicht beteiligt gewesen zu sein. Weitere 14 % sehen ihre Beteiligung als gering an. Mit Abstand wählten die meisten Befragten, nämlich 67 %, die Option „der Aussage stimme ich ziemlich zu“ und etwa 15 % stimmten sogar völlig zu. Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen fallen hierbei kaum auf. Es ist nur zu erwähnen, dass von den Zehntklässern der Realschule niemand die Aussage völlig ablehnt, aber auch keine Stimme für die Option „ich stimme völlig zu“ abgegeben wurde. Das heißt, dass über 80 % der Schüler das Gefühl hatten, aktiv an den Prozessen im Labor beteiligt gewesen zu sein. Somit kann das Labor im Hinblick auf diesen Aspekt durchaus als gelungen bezeichnet werden.

Im Folgenden soll untersucht werden, für wie wichtig die Schüler die Gespräche mit den Betreuern einstufen. Bei der Befragung ergab sich insgesamt, dass 11 % der Befragten der Aussage „Die Betreuergespräche waren mir wichtig“ überhaupt nicht und 43 % nur wenig zustimmen. Weitere 39 % stimmen hier weitestgehend zu und nur 7 % bewerten diese Aussage als völlig zutreffend. Hier gibt es allerdings deutliche Unterschiede zwischen den jeweiligen Klassen. Die neunte Klasse der Realschule hat diese Aussage fast gleich oft als „wenig zutreffend“ und als „ziemlich zutreffend“ bezeichnet. Die beiden zehnten Klassen stimmen der untersuchten Aussage eher weniger zu, während die Schüler aus der neunten Klasse des Gymnasiums diese überwiegend als zutreffend ansehen. Trotz der erheblichen Unterschiede zwischen den Klassen fällt auf, dass die Betreuergespräche insgesamt für weniger wichtig eingestuft werden. Diese Aussage lässt darauf schließen, dass die Schüler sich die Betreuer tatsächlich nur als Hilfe bei den Versuchen vorstellen. Dennoch kann nicht davon abgesehen werden, durch die Betreuer zusätzliche Informationen an die Schüler weiterzugeben. Generell ist nämlich aufgefallen, dass die Schüler die Versuchsanleitungen und Zusatzinformationen oft nur überflogen haben. Zusammenfassend kann man sagen, die Betreuer waren zwar selten bei den Stationen, die Schüler hatten aber durchaus die Möglichkeit Fragen zu stellen und das Betreuergespräch ist für sie eher weniger wichtig. Daher liegt der bereits vermutete Schluss nahe,

dass die Betreuer wirklich nur als Aufsichtsperson bei selbständigen Schülerversuchen angesehen werden. Für zukünftige Betreuer kann daher nur der Ratschlag gezogen werden, sich möglichst im Hintergrund zu halten, auf Fragen der Schüler zu warten und nicht mit übermäßiger Hilfestellung oder zusätzlichen Informationen in die selbständige Schülertätigkeit einzugreifen.

Als nächstes soll zusammenfassend untersucht werden, ob das Gefühl entstanden ist, die gestellten Aufgaben seien zu anspruchsvoll und für die Schüler der betrachteten Altersklasse nicht zu bewältigen. Dazu sollte in den Fragebögen die Aussage „Ich konnte die mir gestellten Aufgaben gut bewältigen“ bewertet werden. Dabei stimmte nur ein Schüler gar nicht zu und 4 % stuften die Aussage als wenig passend ein. Die Mehrheit der Befragten, rund 52 %, stimmten überwiegend zu und weitere 43 % gaben an, diese Aussage sei völlig zutreffend. Dabei gibt es leichte Unterschiede zwischen den verschiedenen Jahrgangsstufen. Während die beiden neunten Klassen am häufigsten die Option „Ich stimme ziemlich zu“ wählten, war die Mehrheit der Zehntklässer der Meinung, die Aussage sei völlig richtig. Der Grund für die Abweichung kann in zwei Aspekten gesehen werden. Der Hauptursache dürfte sein, dass die meisten Inhalte des Labors für Schüler der zehnten Jahrgangsstufe bereits bekannt waren. Die Anforderungen lagen daher weniger darin, neuen Inhalte aufzunehmen, sondern eher, zum Teil bekannte Versuche selbständig durchzuführen, oder vorhandenes Wissen wieder abzurufen. Der zweite Vorteil der älteren Schüler kann darin gesehen werden, dass sie mehr Erfahrung im Umgang mit selbständigen Experimenten haben. Die beiden Lehrer dieser Klassen sagten aus, viel Wert auf Schülerexperimente zu legen. Zusätzlich kommt hinzu, dass in allen untersuchten Gruppen deutlich mehr Jungen als Mädchen zu Besuch im Labor waren. Im Allgemeinen tendieren Jungen in der betrachteten Altersklassen dazu, sich geringfügig selbst zu überschätzen. Es wäre daher erstaunlich gewesen, wenn viele Schüler der Aussage ablehnend gegenübergestanden hätten. Trotz dieser geringen Unterschiede zwischen den beiden Jahrgangsstufen ist es als durchaus positiv zu bewerten, dass nur vier von 83 Schülern das Gefühl hatten, den gestellten Anforderungen nicht gewachsen gewesen zu sein. Das Anspruchsniveau der Erklärungen und die Schwierigkeit der Versuche war also für die angesprochene Altersstufe sehr passend und keinesfalls überfordernd.

Bei einem so alltagsnahen Labor, wie dem vorliegenden, ist natürlich auch interessant zu sehen, ob die Schüler aus dem Labor heraus die Bedeutung der einzelnen Stationen für den Alltag

erfassen konnten. Dazu sollte die entsprechende Aussage „Ich konnte die Bedeutung für den Alltag erkennen“ wie gehabt bewertet werden. Etwa 13 % der Befragten gaben an, dieser Transfer sei bei ihnen nicht gelungen. Weitere 14 % stimmen hier nur wenig zu, wohingegen über die Hälfte der Schüler, nämlich 54 % dieser Aussage ziemlich zustimmen. Die verbleibenden 19 % sind sogar der Ansicht, dieses Statement sei völlig richtig. Das bedeutet, dass über 70 % der Befragten die Bedeutung der im Labor behandelten Inhalte auch auf den Alltag übertragen konnten und gesehen haben, wo sich die angesprochenen Sensoren im täglichen Leben finden lassen. Gerade nachdem der Titel des Labors dahingehend geändert wurde, dass es um eine Vielfalt der Sensoren gehen sollte, ist es mehr als erfreulich, dass fast drei von vier Schüler durch das Labor erkannt haben, wo die vorgestellten Sensoren überall eingesetzt werden. Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen gibt es hier kaum. Lediglich bei den Stimmen, die der Aussage völlig ablehnend gegenüberstehen, ist auffällig, dass ein relativ großer Anteil den Neuntklässern der Realschule zugeordnet werden kann. Für sie war vermutlich das Thema Induktion zu neu, um Anwendungen verstehen zu können. Für sie standen mehr die Grundlagen der Station im Vordergrund. Bei den übrigen Stationen wurde bereits mit Alltagsgegenständen, wie dem Infrarotthermometer oder der Alarmanlage experimentiert, sodass die Vermutung nahe liegt, der Knackpunkt des Labors lag für diese Klasse an der Station zu induktiven Sensoren.

Als Abschluss des Vergleiches zwischen den einzelnen Schularten und den verschiedenen Jahrgangsstufen soll die Frage ausgewertet werden, bei der die Schüler angeben sollten, ob sie zuhause über das Labor gesprochen haben. Diese Aussage wurde von etwa 18 % der Befragten als völlig unzutreffend eingestuft. Weitere 29 % entschieden sich für die Option „Ich stimme weniger zu“. Relative Zustimmung erhielt die Aussage von etwa 39 % der Schüler und nur 14 % stimmten hier völlig zu. Dabei fällt auf, dass die Antwort relativ stark von der Jahrgangsstufe abhängt. Während die Neuntklässer der Aussage eher zustimmen, wird sie von den Älteren eher abgelehnt. Dies zeigt, dass die jüngeren Schüler durch den Besuch der Universität und des Labors vermutlich deutlich mehr beeindruckt waren, als die älteren. Generell ist es aber schade, dass fast die Hälfte der Schüler zuhause mit niemandem über das Labor gesprochen hat. Es wäre für künftige Labore zu überlegen, wie die Diskussion zuhause besser eingeleitet werden kann, weil dadurch mit Sicherheit Vorteile für die Langzeitwirkung entstehen können. Der Versuch in diesem Labor, den gewünschten Effekt durch die Experimente mit dem Plastikbecher oder der Digitalkamera zu erzielen, muss rückblickend leider als gescheitert angesehen werden.

7. Fazit

Zusammenfassend kann man einige Punkte besonders hervorheben. Das Lernlabor Sensoren, das für Schüler der neunten und zehnten Klassen von Gymnasien und Realschulen entwickelt wurde, ist vom zeitlichen Umfang, der Aufgabenstellung und dem Schwierigkeitsniveau sehr gut auf diese Vorgaben angepasst.

Die einzelnen Stationen an sich unterscheiden sich nur geringfügig im Hinblick darauf, wie sie den Schülern gefallen, wobei die induktiven Sensoren hier etwas schlechter abschneiden, als die beiden anderen Laborstationen. Die Ursache hierfür ist sicherlich, die ausführliche Grundlagenbehandlung und der Einsatz eines Betreuers zur Demonstration eines Versuches. Daher wurde das Skript dahingehend überarbeitet und der Versuch kann jetzt von Schülern selbständig durchgeführt werden. Die Grundlagen müssen beibehalten werden, um das Labor für Neuntklässer der Realschule anbieten zu können.

Besonders erfreulich und hervorzuheben ist, dass die neu entwickelte Station zum Regensensor im Vergleich der Stationen erstaunlich gut abschneidet, obwohl hier noch keine Erfahrungswerte vorlagen und die Station zuvor nicht erprobt werden konnte. Daraus kann geschlossen werden, dass der Autor Erfahrungen aus dem Seminar und dem im Februar durchgeführten Labor sehr gut umsetzen konnte.

Es zeigt sich aber vor allem auch, dass das Gelingen eines Lernlabors sehr stark von der Betreuung abhängt. Wenn Schüler das Gefühl haben nicht selbständig arbeiten zu können, oder unter permanenter Aufsicht zu stehen, wird das Labor häufig schlechter bewertet. Das richtige Maß zwischen Über- und Unterbetreuung zu finden ist ein Problem, das bei der Entwicklung zukünftiger Schülerlabore unbedingt näher zu beachten ist. Aus dem hier betrachteten Lernlabor geht hervor, dass dabei durchaus auch fachfremde Betreuer eingesetzt werden können, wenn eine gründliche Vorbereitung und Einweisung vorgenommen wird.

Es sollte aber auch darüber nachgedacht werden, wie die Schüler dazu angeregt werden können, zuhause mehr über das Labor zu sprechen. Dadurch könnte die Langzeitwirkung des Labors sicherlich verbessert werden. Durch eine gründliche Auswahl der Versuche könnte dieses Ziel erreicht werden. Es gilt also eine gute Mischung aus einfachen Freihandversuchen und spannenden Laborversuchen vorzustellen, um den Schülern die Möglichkeit mit an die Hand zu geben, komplexere Zusammenhänge zu verstehen und selbst einfach darzustellen.

Aufgrund der Bewertung durch die Schüler und der Rückmeldungen durch die Lehrkräfte kann aber insgesamt eine deutlich positive Bilanz für das vorliegende Labor gezogen werden. Trotz einiger Verbesserungsmöglichkeiten, die vor allem die Art der Betreuung betreffen und sonst eher organisatorischer Art sind, ist das vorliegende Lernlabor durchaus gelungen.

8. Anhang:

In diesem Teil der Arbeit sind alle Dokumente zu finden, die zur Durchführung des Labors benötigt wurden. Es finden sich also sowohl die Skripte für die Schüler, als auch die Betreuerhandouts. Die grafische Gestaltung wurde dabei geringfügig verändert, um die Seitenaufteilung beibehalten zu können. Die Originalfassungen können aber der beigefügten DVD entnommen werden. Dort sind sämtliche Unterlagen noch ein Mal als PDF – Datei hinterlegt. Neben den Handouts sind noch der Anmeldebogen und die Checklist für die Organisation eines Labors enthalten. Zusätzlich wurde auch der Fragebogen, der die Grundlage für die Auswertung bildet, eingefügt. Die jeweiligen Bilder tragen keine Benennung. Daher ist im Abbildungsverzeichnis eine genaue Quellenangabe für die Grafiken auf den entsprechenden Seiten.

8.4. Checklist zur Organisation des Schülerlabors

- Ein Schülerlabor für die _____.te Jahrgangsstufe
- Schulart: _____
- Voraussichtlicher Termin (Monat): _____ 20

Zu Beginn der Laborentwicklung:

- Welche Versuche sind denkbar?
- Welche Stationen könnte das Labor später haben?
 - o Wie viele Stationen brauche ich?
- Wie könnte der Ablauf im Labor etwa Aussehen?
 - o Bauen Stationen aufeinander auf ?
 - o Will ich Stationen doppelt anbieten oder jeweils einfach?
 - o Ist dies von den Versuchen abhängig?
 - o Wie sieht die Pausenplanung aus?

Vorbereitung des Labors:

- Endgültige Auswahl der Versuche
 - o Ist die Schwierigkeit angemessen?
 - o Sind die benötigten Materialien in ausreichender Zahl vorhanden?
 - o In welcher Reihenfolge ordne ich die Versuche an?
 - o Wie lange dauert der Versuch etwa?
- Entwurf des Schülerhandouts
 - o In welcher Reihenfolge werden die Stationen vorgestellt?
 - o Beinhaltet das Handout nur Versuchsbeschreibungen oder auch Erklärungen?
 - o Sollen die Schüler nur lesen, oder auch ausfüllen?
 - o Wie formuliere ich die Anleitungen verständlich?
 - o Bringe ich Fotos mit in die Gestaltung ein? Fotoshooting!
 - o Abgabe oder Diskussion im Seminar
- Betreuer anfragen
- Räume für den voraussichtlichen Zeitraum blocken
 - o Im Semester oder in der Vorlesungsfreien Zeit?
 - o Genügend Räume vorhanden, um alle Gruppen unterzubringen?
 - o Entsprechen die Räume den Anforderungen (Beamer, Verdunklung,...)?
- Entwicklung des Einführungsvortrages
- Werbung machen
 - o Flyer erstellen
 - o Bei Lehrerfortbildungen werben
 - o Schulen direkt anschreiben
- Kontakt mit Lehrern herstellen
 - o Nähere Infos zum SL geben (Termine, Zeitplan, Ablauf,...)
 - o Anmeldebogen ausfüllen lassen
- Betreuer engagieren
- Betreuerhandout erstellen
- Schülerhandout überarbeiten
- Zusatzmaterial fertig stellen (Stationsschilder, Infotafeln, Türschilder, Wegweiser,...)
- Ausdruck der Unterlagen
- Aufbau des Labors
- Briefing der Betreuer

8.5. Fragebogen



Datum: _____. Dezember 2009

Mein Alter: _____ Jahre

Ich bin: weiblich

männlich

Ich besuche die 9. Klasse des _____ Gymnasiums.

Schüler/innen-Befragung zum Schülerlabor „Sensoren“

Dauer: ca. 15 - 20 min

Liebe Schülerin, lieber Schüler,
mit diesem Fragebogen möchten wir deine Meinung zum Schülerlabor kennen lernen.
Hierbei handelt es sich *nicht* um einen Test oder eine Klassenarbeit. In diesem
Fragebogen gibt es *keine* falschen Antworten. Gib die Antworten, die für dich am besten
passen. Antworte bitte ehrlich!
Beantworte bitte alle Fragen.

Danke für deine Mitarbeit!

1. Im Folgenden sollst du deine persönliche Meinung zum Schülerlabor äußern.

1.1 Was hat dir am Schülerlabor *besonders gut* gefallen?

1.2 Was hat dir am Schülerlabor *überhaupt nicht* gefallen?

1.3 Beurteile das Schülerlabor „Sensoren“ mit Schulnoten (Gesamteindruck):

1 2 3 4 5 6

Warum hast du diese Note gegeben?

1.4 Beurteile die *Betreuung* im Schülerlabor „Sensoren“ mit Schulnoten:

1 2 3 4 5 6

Warum hast du diese Note gegeben?

1.5 Was sollten die Studierenden bei der Betreuung zukünftiger Schülerlabore unbedingt beachten?

2. Im Folgenden sollst du deine persönliche Meinung zu den betreuten Stationen äußern. Kreuze dazu pro Frage bei jeder Station, die du im Schülerlabor durchlaufen hast, nur ein Kästchen an. Falls du eine Station nicht durchlaufen hast, so kreuze bei dieser Station jeweils nichts an.
Beachte bitte jeweils die angegebene Skala (in der ersten Zeile der Tabelle)!

2.1 Wie gut fandest du die jeweilige Station?

		<i>sehr schlecht</i>	<i>schlecht</i>	<i>gut</i>	<i>sehr gut</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>sehr schlecht</i>	<i>schlecht</i>	<i>gut</i>	<i>sehr gut</i>

2.2 Wie selbstständig konntest du an der jeweiligen Station arbeiten?

		<i>völlig unselbstständig</i>	<i>unselbstständig</i>	<i>selbstständig</i>	<i>sehr selbstständig</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>völlig unselbstständig</i>	<i>unselbstständig</i>	<i>selbstständig</i>	<i>sehr selbstständig</i>

2.3 Hast du an der jeweiligen Station Zeitdruck verspürt?

		<i>sehr großen Zeitdruck verspürt</i>	<i>großen Zeitdruck verspürt</i>	<i>geringen Zeitdruck verspürt</i>	<i>keinerlei Zeitdruck verspürt</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>sehr großen Zeitdruck verspürt</i>	<i>großen Zeitdruck verspürt</i>	<i>geringen Zeitdruck verspürt</i>	<i>keinerlei Zeitdruck verspürt</i>

2.4 Wie verständlich war die jeweilige Station für dich?

		<i>sehr unver- ständlich</i>	<i>unver- ständlich</i>	<i>ver- ständlich</i>	<i>sehr ver- ständlich</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>sehr unver- ständlich</i>	<i>unver- ständlich</i>	<i>ver- ständlich</i>	<i>sehr ver- ständlich</i>

2.5 Wie hilfreich war für dich die Betreuung an der jeweiligen Station?

		<i>nicht hilfreich</i>	<i>wenig hilfreich</i>	<i>hilfreich</i>	<i>sehr hilfreich</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>nicht hilfreich</i>	<i>wenig hilfreich</i>	<i>hilfreich</i>	<i>sehr hilfreich</i>

2.6 Wie beurteilst du deinen Lernzuwachs an der jeweiligen Station?

		<i>kein Lern- zuwachs</i>	<i>geringer Lern- zuwachs</i>	<i>hoher Lern- zuwachs</i>	<i>sehr hoher Lern- zuwachs</i>
1	Induktionssensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	IR - Sensoren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Der Regensensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<i>kein Lern- zuwachs</i>	<i>geringer Lern- zuwachs</i>	<i>hoher Lern- zuwachs</i>	<i>sehr hoher Lern- zuwachs</i>

- 3** Im Folgenden findest du eine Reihe von Behauptungen, die deinen Aufenthalt im Schülerlabor betreffen. Gib bitte an, inwieweit die Behauptungen deiner Meinung nach stimmen. Kreuze dabei pro Aussage immer *nur ein* Kästchen an.

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>
1. Ich hatte die Möglichkeit, den Betreuern des Schülerlabors Fragen zu stellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Die Experimente waren eine Herausforderung für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Während des Experimentierens hatte ich keine Möglichkeit, eigene Ideen auszuprobieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich habe die Anleitung zum Experimentieren gut verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Beim Suchen und Finden der Erklärungen für die Ergebnisse der Versuche war ich stark beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Die Gespräche mit den Betreuern waren mir wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Das Finden der Erklärung für die Experimente war eine Herausforderung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich konnte die Aufgaben, die mir gestellt wurden, gut bewältigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Während des Experimentierens hatte ich das Gefühl, nichts selber bestimmen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Bei der Durchführung der Experimente war ich stark beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Die Experimente waren für mich interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Das eigenständige Experimentieren war mir wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Die Durchführung der Experimente war langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Dass wir Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Die Experimente haben mir keinen Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Beim Experimentieren habe ich interessante Anregungen erhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich habe mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Beim Experimentieren bin ich auf neue Ideen gekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich habe außerhalb des Unterrichts über Dinge nachgedacht, die wir im Schülerlabor gesehen oder angesprochen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich würde gerne mehr über die Experimente lernen, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>
	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>
21. Durch den Schülerlaborbesuch habe ich meine Fertigkeiten im Experimentieren verbessert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich konnte eine Bedeutung der im Schülerlabor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

durchgeführten Experimente für das alltägliche Leben erkennen.				
23. Die Arbeitsatmosphäre während des Experimentierens fand ich gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>

4 Gib bitte an, in wieweit folgende Aussagen für dich zutreffen. Kreuze dazu pro Aussage immer nur ein Kästchen an.

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>
1. Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Experimente durchzuführen, macht mir einfach keinen Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Kein Mensch kann alles. Für Physik habe ich einfach keine Begabung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich finde es wichtig, mich mit physikalischen Fragestellungen zu beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Physik liegt mir nicht besonders.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über physikalische Phänomene nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Obwohl ich mir bestimmt Mühe gebe, fällt mir Physik schwer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Wenn ich experimentiere, kann es passieren, dass ich gar nicht merke, wie die Zeit vergeht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Der Physikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Wenn ich Experimente durchführen kann, bin ich bereit, auch Freizeit dafür zu verwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>stimmt wenig</i>	<i>stimmt ziemlich</i>	<i>stimmt völlig</i>

Danke fürs Ausfüllen!

8.6. Werbeflyer



Schülerlabor „Sensoren im Alltag“



Experimentierlabor am Lehrstuhl für
Physik und ihre Didaktik der
Universität Würzburg



Inhalte (u.A.):

- Induktive Sensoren
z.B.: Induktionsschleifen zur
Fahrzeugerkennung an Ampeln,
Bau eines Fahrradtachos, Induktion bei einer
E-Gitarre, Metalldetektoren,...
- Passive Infrarotsensoren
z.B.: Infraroterkennung in Türkameras,
Infrarotthermometer, „Überliste die Alarmanlage“,...
- Regensensoren
z.B.: Totalreflexion und PCs, der gebogene
Lichtstrahl, Anschauung von originalen Regensensoren,...



Dauer:

1 Vormittag, bspw. von 8.45 Uhr bis etwa 13.30 Uhr

Termin:

Dezember 2009

Für welche Jahrgangsstufen geeignet?

9. und 10. Jgst.



Weitere Informationen und Anmeldung:



- www.pid.physik.uni-wuerzburg.de
- www.mind.uni-wuerzburg.de
- matthias.voelker@physik.uni-wuerzburg.de

9. Literaturverzeichnis:

1. Buchquellen:

- a. P. A. Tipler / G. Mosca, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, 1. Auflage Spektrum Verlag, Heidelberg 2004 S.789, S. 1198
- b. L. Bergmann / C. Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik Band 2, 9. Auflage, De Gruyter Verlag, Berlin 2006, S. 787

2. PDF – Dateien:

Die folgenden Quellen beziehen sich auf PDF – Dateien aus dem Internet, die auch auf der beigefügten DVD enthalten sind.

- a. D. Hillebrandt / D. Dähnhardt, Naturwissenschaft und Nachwuchs gehen ein Stück des Weges gemeinsam, veröffentlicht in TheoPrax 1. 2005, S. 20
Link: <http://www.lernort-labor.de/lela/download/theoprax.pdf>
Zuletzt geöffnet am: 16.03.2010
- b. K. Engeln / M. Euler, Forschen statt Pauken, veröffentlicht in Physik Journal 3. 2004, Nr. 11, Willey-VCH-Verlag Weinheim S. 45 – 48
Link: http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/forschen_statt_pauken.pdf
Zuletzt geöffnet am: 16.03.2010

3. Internetquellen:

- a. Wikipedia zum Thema Sensoren
<http://de.wikipedia.org/wiki/Sensor>
Zuletzt geöffnet am 16.03.2010
- b. Homepage des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung München
<http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?Mnav=5&Qnav=4&Tnav=0&Inav=0&LpSta=6&Styp=5&Fach=16>
Zuletzt geöffnet am: 16.03.2009

10. Abbildungsverzeichnis:

Die meisten Bilder und Grafiken in der vorliegenden Arbeit wurden vom Autor erstellt und tragen daher keine zusätzlichen Quellenangaben. Die nicht selbst erstellten Grafiken wurden den im Folgenden aufgelisteten Quellen entnommen:

- S. 16: Abbildung 2, elektromagnetisches Spektrum,
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/13/pc/praktikum1/saeurebase/images/spekber.gif>
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010
- Abbildung 3, Komponenten der elektromagnetischen Welle,
<http://www.fe-lexikon.info/images/ElektromagnetischeWelle.jpg>
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010
- S. 25: Abbildung 10, Temperaturabhängigkeit der maximalen Strahlungsleistung,
<http://klimt.iwr.uni-heidelberg.de/PublicFG/ProjectB/CFT/dipluschimpf/img32.gif>
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010
- S. 31: Cartoon (a), Experiment
http://comps.fotosearch.com/comp/UNN/UNN772/versuch-werkzeug-schule_~u13007351.jpg
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010
- Cartoon (b), Raum für Notizen
<http://www.uni-koblenz.de/~schirner/Bilder/Schreiben.gif>
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010
- Cartoon (c), Informationstext
<http://www.schigis.com/GE/symbole/info.png>
Zuletzt aufgerufen am 16.03.2010

Abbildungen im Anhang:

S. 112: Raumplan

http://www.physik.uni-wuerzburg.de/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FPhysikbau_EG.gif&width=1000m&height=900m&bodyTag=%3Cbody%20bgColor%3D%22%23ffffff%22%20leftmargin%3D%2210%22%20topmargin%3D%2210%22%20marginwidth%3D%2210%22%20marginheight%3D%2210%22%3E&title=Bild-Vergr%F6%DFerung&wrap=%3Ca%20style%3D%22font-family%3AVerdana%2C%20Lucida%20Grande%3B%20font-size%3A11px%3B%20margin%3A%205%200%200%3B%22%20href%3D%22javascript%3Aclose%28%29%3B%22%3E%7C%3Cbr%20%2F%3EFenster%20sc hlie%DFen%3C%2Fa%3E&md5=683cae9c90dd279a54a6dc63eddc488a
Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

S. 120: Infrarotkamera auf Ampelanlage

<http://media.bestofmicro.com/,I-K-88796-3.jpg>
Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

Wärmebildkameraaufnahme eines Wohnhauses

http://www.echo-muenster.de/files/imagecache/fullnode_468width/files/photos/ec-waermebild.jpg
Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

Automatischer Türöffner

http://bilder.hatecpro.de/Produktfotos_2008/Automatiktueren/Schiebetuerantriebe/CIVIC/modell_civic.gif
Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

S. 124: Vorlage für Magnetfeldskizze modifiziert nach

<http://www.dj4uf.de/funktechnik/antennen/spule.gif>
Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

- S. 125: Fahrradtacho
 http://www.oberlehrer.de/wp-content/_bilder/tacho.jpg
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010
- S. 132: Regensensor im Auto
 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Regensensor_im_Mittleren_R%C3%BCckspiegel_verbaut.jpg
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010
- S. 135: CCD – Chip aus Digitalkamera
 <http://www.netzwelt.de/images/articles/2009/pentax-k100d-ccd-sensor-1255009045.jpg>
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010
- Lichtschranke
 <http://www.luconda.com/artikeldetails/27/27/09/bilder/2617754-1-Sick-WS-WE12-2P430-EINWEG-LICHTSCHRANKE.jpg>
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010
- S. 148: Fahrradtacho
 http://www.oberlehrer.de/wp-content/_bilder/tacho.jpg
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010
- S. 155: Regensensor im Auto
 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Regensensor_im_Mittleren_R%C3%BCckspiegel_verbaut.jpg
 Zuletzt aufgerufen am 17.03.2010

Erklärung:

Hiermit versichere ich, Christoph Joa-Giegerich, dass ich die Arbeit in allen Teilen selbständig gefertigt und keine anderen als die in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Zeichnungen, Kartenskizzen und bildlichen Darstellungen, bei denen keine Quellenangaben vorliegen, habe ich selbst gefertigt.

Würzburg, den _____

Unterschrift