

**Technische Universität Kaiserslautern
Arbeitsgruppen Didaktik der Physik,
Bioverfahrenstechnik und Leistungselektronik**

Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone- Experimente

Aktenzeichen: 31993

Band 5 (Berichtszeitraum: 08.10.2016-31.03.2017)

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem
Az: 31993 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dr. Jochen Kuhn (AG Didaktik der Physik),
Prof. Dr. Roland Ulber (Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik) &
PD Dr. Bernhard Hauck (AG Leistungselektronik)

Kaiserslautern, den 27.05.2017

**Technische Universität Kaiserslautern
Arbeitsgruppen Didaktik der Physik,
Bioverfahrenstechnik und Leistungselektronik**

Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone- Experimente

Aktenzeichen: 31993

Band 5 (Berichtszeitraum: 08.10.2016-31.03.2017)

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem
Az: 31993 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Dr. Jochen Kuhn (AG Didaktik der Physik),
Prof. Dr. Roland Ulber (Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik) &
PD Dr. Bernhard Hauck (AG Leistungselektronik)

Kaiserslautern, den 27.05.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Aktuelle Problemstellung sowie Stand des bisherigen Wissens und der Technik	8
2	Gegenstand des Projektes	10
3	Zielsetzung des Projekts und Ergebnisse	12
3.1	Entwicklung neuer Smartphone-Sensoren und Testsysteme	12
3.1.1	Entwicklung des Smartphone-Photometers	12
3.1.2	Entwicklung des Feinstaubsensors	13
3.2	Konzeption und Umsetzung von Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten	14
3.2.1	Übersicht über die entwickelten Konzepte	14
3.2.2	Übersicht über die bisherigen Erprobungen	14
3.3	Pilotstudie zur Evaluation der Lehrerfortbildung	18
4	Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation	19
4.1	Woche der Umwelt	19
4.2	Beitrag über das Projekt in der SWR-Landesschau	19
4.3	Pressebeiträge: UNISPECTRUM live und PM zur Lehrerfortbildung	21
4.4	Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Auszeichnungen des Projektes	23
5	Zusammenfassung und Diskussion	23
6	Literaturverzeichnis	24
7	Anhang	25
7.1	Unterrichtsmaterialien	25
7.2	Dokumentation Feinstaubmessgerät	25

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Optimiertes Haltesystem des Smartphone-Spektrometers	12
Abbildung 2: Feinstaubmessgerät	13
Abbildung 3: Programm der Lehrerfortbildung	15
Abbildung 4: Impressionen der Lehrerfortbildung	15
Abbildung 5: Veranstaltungskatalog der Lehrerfortbildung des Bildungserver Rheinland Pfalz	16
Abbildung 6: Screenshot „Woche der Umwelt“ – Homepage	19
Abbildung 7: Screenshot „ARD-Mediathek“ (Beitrag über das Projekt in der SWR-Landesschau)	20
Abbildung 8: Screenshot „UNISPECTRUM live“ - Homepage	21
Abbildung 9: Screenshot der „idw-online“-Homepage	22
Tabelle 1: Übersicht über bisherige Schüler- und Lehrerkurse sowie Vorträge zum Projekt	17

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	31933	Referat	41	Fördersumme	252.000 €
Antragstitel	Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente				
Stichworte	Smartphone, Experimente, Umweltbildung, Schülerlabore				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
2 Jahre	08.10.2014	31.03.2017	1		
Zwischenberichte	4				
Bewilligungsempfänger	Prof. Dr. Jochen Kuhn TU Kaiserslautern Fachbereich Physik/AG Didaktik der Physik Erwin-Schrödinger-Str. 46 67663 Kaiserslautern			Tel	0631 2052393
				Fax	0631 2053677
				Projektleitung	Prof. Dr. Jochen Kuhn
				Bearbeiter	
Kooperationspartner	PD Dr.-Ing. habil. B. Hauck, Prof. Dr. R. Ulber, TU Kaiserslautern				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die fehlende Verbindung zwischen individuell auftretenden Umwelteinflüssen und deren zeit- und ortsunabhängigen Erfassung kann gerade in sog. „unsichtbaren“ Themenbereichen durch den Einsatz von Smartphone und Tablet-PC hergestellt werden. Dies ist einerseits auf die große Verbreitung dieser Medien, andererseits auf deren Verwendungsmöglichkeit als kleine, transportable, mobile Messlabore zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht und speziell in der Umweltbildung durch die darin verbauten internen Sensoren (z. B. Mikrofon und Kamera, Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor) zurückzuführen. Die mit den Sensoren erfassten Daten lassen sich über zugehörige Apps, auslesen, was sowohl qualitative als auch quantitative Experimente ermöglicht. Dadurch kann eine hohe Vertrautheit mit der Bedienung solcher mobilen Medien erwartet werden. Anknüpfend an diese Erfahrungen kann somit gerade in naturwissenschaftlich-technischen Bildungsangeboten das Umweltbewusstsein und speziell die experimentelle Untersuchung aktueller Umweltthemen auch im Rahmen forschend-lernender Ansätze gefördert werden. Daraus ergibt sich ein großes Potenzial für den Einsatz neuer digitaler Medien in der Umweltbildung – speziell im Blick auf Jugendliche, die Naturerfahrungen aus eigenen Stücken nicht anstreben würden. Neben der Entwicklung neuer Lehrkonzepte im Bereich Umweltbildung stellt die Lehrerfort- und Lehramtsausbildung ein zweites bisher noch offenes Handlungsfeld dar.

Gemäß dem nicht zuletzt auch von der DBU festgestellten diesbezüglichen Handlungsbedarf zielt das Projekt „Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente“ auf eine Reduktion der Defizite im Bereich Umweltbildung für Lernende und für Lehrkräfte ab.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Aufbauend auf den inhaltlichen und vor allem strukturellen Vorarbeiten der Antragsteller werden dazu modellhaft die drei Themenfelder (TF) „Themenfeld 1: Untersuchung von Lärm und Lärmschutz“ (Klassenstufe 7/8), „Themenfeld 2: Schutz von Luft und Wasser“ (Klassenstufe 9/10), „Themenfeld 3: Der Radioaktivität auf der Spur“ (Klassenstufe 12/13) bearbeitet. In diesem Projekt werden schulbezogene Smartphone-Experimente zur Umweltbildung für alle Klassenstufen der Sekundarstufen entwickelt und sowohl in Lehreraus-, fort- und -weiterbildung als auch für Schülerinnen und Schüler aufbereitet. Der beantragte Förderzeitraum des Projektes beträgt zwei Jahre, wobei das Projekt nach der Förderung in eine Verstetigung übergeführt werden wird. Die Inhalte des Projekts werden in folgenden Arbeitspaketen (AP) von den beteiligten Antragsstellern bearbeitet:

- AP1-3: Entwicklung neuartiger Smartphone-Spektrometer, -Feinstaubsensoren und Testsysteme für Schwermetallkontaminationen
- AP4-6: Konzeption von Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten zu TF 1-3
- AP7-8: Umsetzung von Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten in den beteiligten Schülerlaboren und Begleitung des Leihsystems im Unterricht

Ergebnisse und Diskussion

Die Zielsetzung des Projekts war die Entwicklung neuer Lehrkonzepte im Bereich Umweltbildung in Schülerlaboren unter Verwendung neuer Smartphone-Experimente in den Themenbereichen Lärm und Lärmschutz, Luft und Wasser sowie Radioaktivität. Zudem sollten die Konzepte für Lehrerfort- und Lehr-
amtsausbildung aufbereitet und implementiert werden. Folgende Ergebnisse wurden durch das Projekt erzielt:

- Entwicklung neuer Smartphone-Sensoren und Testsysteme
In dem Projekt wurde ein neuartiger Smartphone-Spektrometer und -Feinstaubsensor entwickelt. Darüber hinaus wurde ein Testsystem für Schwermetallkontaminationen konzipiert.
- Konzeption und Umsetzung von Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten
In dem Projekt wurden Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten in den Themenbereichen Lärm und Lärmschutz, Luft und Wasser sowie Radioaktivität entwickelt und umgesetzt. Die Schülerkurse werden nach der Förderung weiterhin als dauerhaftes Angebot in den jeweiligen Schülerlaboren angeboten.
Während der Projektlaufzeit wurden X Schülerkurse, Y Lehrerkurse und Z wissenschaftliche Vorträge über das Projekt abgehalten.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt wurde aus über 600 Bewerbungen von einer vom Bundespräsidenten berufenen, unabhängigen Jury ausgewählt und am 7. und 8. Juni 2016 auf der Woche der Umwelt im Park von Schloss Bellevue präsentiert. Zudem berichtete die SWR-Landesschau am 26.09.2016 zu einer Lehrerfortbildung, die im Rahmen des Projekts durchgeführt wurde. Darüber hinaus wurde über das Projekt in der universitären Zeitschrift UNISPECTRUM sowie im idw berichtet.

Wissenschaftlich konnte mit dem Projekt der "Best Poster Award" im Rahmen der DECHEMA Himmelfahrtstagung 2016: „New Frontiers for Biotech-Processes“ für die Posterpräsentation zu "Detection of enzymatic activities and kinetics using a 3D-printed smartphone spectrometer" am 04.05.2016 errungen werden. Neben der Würdigung wurde die Vorstellung des Projektes in Form einer Kurzpräsentation ermöglicht. Auch International konnte eine positive Resonanz verzeichnet werden. Die Posterpräsentation während der BioTech 2016 in Zürich wurde am 07.09.2016 mit dem 3. Platz des „Best-Poster-Awards“ für "Detection and semiautomatic evaluation of reaction kinetics using a 3D-printed smartphone photometer" gewürdigt. Neben Posterpräsentationen wurde das Projekt von einer Fachjury für eine Präsentation während der ProcessNet-Jahrestagung und 32. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen am 14.09.2016 ausgewählt. Auch in diesem Rahmen konnte ein positives und konstruktives Feedback zum Vortrag mit dem Titel "Development of a new smartphone-spectrometer for enzymatic bioassays" aufgenommen werden.

Zudem entstanden drei wissenschaftliche Publikationen in referierten Zeitschriften.

Fazit

Möglichkeiten zur individuellen, zeit- und ortsunabhängigen Erfassung im Alltag auftretender Umwelteinflüsse für den Erwerb von Gestaltungskompetenz (nach de Haan, 2007) und damit für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung spielen eine bedeutende Rolle. Das Projekt greift mit experimentellen Umweltbildungsangeboten in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimenten diese Möglichkeiten auf und schließt damit bisher vorliegenden Defizite hinsichtlich dies-
bzgl. fehlender Angebote für Lernende und für Lehrkräfte in den hier adressierten Themenbereichen.

Kurzfassung des Gesamtvorhabens

Die zunehmende Technisierung unserer Gesellschaft bringt neben vielen Vorteilen ebenso auch Risiken mit sich. Insbesondere bleiben gerade systemische Risiken wie Kernkraft, Lärmbelastung, Luft- und Wasserverschmutzung u.a. auch deshalb un bemerkt, weil unsere menschlichen Sinne solche Einwirkungen oder deren absoluten Ausmaß zum Zeitpunkt der Exposition nicht wahrnehmen bzw. erfassen können. Möglichkeiten zur individuellen, zeit- und ortsunabhängigen Erfassung im Alltag auftretender Umwelteinflüsse spielen deshalb für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung¹ sowie zum Aufbau einer „Scientific Literacy“ im Sinne eines Weges zur gesellschaftlichen Partizipation eine bedeutende Rolle.

Die fehlende Verbindung zwischen individuell auftretenden Umwelteinflüssen und der zeit- und ortsunabhängigen Erfassung kann gerade in den o.g. „unsichtbaren“ Themenbereichen durch den Einsatz von Smartphone und Tablet-PC hergestellt werden. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass mittlerweile gut ein Drittel der Jugendlichen in Deutschland einen Tablet-PC und mehr als 80 % ein Smartphone nutzen. Diese Geräte gehören somit zum alltäglichen Werkzeug speziell der jungen Generation und stehen also zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung. Andererseits können Smartphone und Tablet-PC auch vielfältig als kleine, transportable, mobile Messlabore zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht und speziell in der Umweltbildung eingesetzt werden. Dazu sind diese Alltagsmedien bereits mit vielen internen Sensoren ausgestattet (z. B. Mikrofon und Kamera, Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor). Die mit den Sensoren erfassten Daten lassen sich über zugehörige Apps, auslesen, was sowohl qualitative als auch quantitative Experimente ermöglicht. Diese kleinen, transportablen und mobilen Messlabore können unübersichtliche Versuchsaapparaturen ersetzen und sind den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt. Dadurch kann eine hohe Vertrautheit mit ihrer Bedienung erwartet werden. Anknüpfend an diese Erfahrungen kann somit gerade in naturwissenschaftlich-technischen Bildungsangeboten das Umweltbewusstsein und speziell die experimentelle Untersuchung aktueller Umweltthemen auch im Rahmen forschend-lernender Ansätze gefördert werden. Daraus ergibt sich ein großes Potenzial für den Einsatz neuer digitaler Medien in der Umweltbildung – speziell im Blick auf Jugendliche, die Naturerfahrungen aus eigenen Stücken nicht anstreben würden. Neben der Entwicklung neuer Lehrkonzepte im Bereich Umweltbildung stellt die Lehrerfort- und Lehramtsausbildung ein zweites bisher noch offenes Handlungsfeld dar. Erst wenn Lehrkräfte als Multiplikatoren zur Umsetzung und Vermittlung von Umweltthemen qualifiziert sind, können sie auch im eigenen Unterricht diese Konzepte entsprechend einsetzen.

Gemäß dem nicht zuletzt auch von der DBU festgestellten diesbezüglichen Handlungsbedarf zielt das Projekt „Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente“ auf eine

¹ In diesem Antrag wird der Begriff „Umweltbildung“ mit dem Leitbild nachhaltige Entwicklung synonym zu „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ verwendet.

Reduktion der Defizite im Bereich Umweltbildung für Lernende und für Lehrkräfte ab. Aufbauend auf den inhaltlichen und vor allem strukturellen Vorarbeiten der Antragsteller werden dazu modellhaft die drei Themenfelder „*Themenfeld 1: Untersuchung von Lärm und Lärmschutz*“ (Klassenstufe 7/8), „*Themenfeld 2: Schutz von Luft und Wasser*“ (Klassenstufe 9/10), „*Themenfeld 3: Der Radioaktivität auf der Spur*“ (Klassenstufe 12/13) bearbeitet. Diese gehören einerseits den systemischen, „unsichtbaren“ Risikobereichen unserer Umwelt an und sind andererseits höchst alltagsrelevant für Lernende. In diesem Projekt werden schulbezogene Smartphone-Experimente zur Umweltbildung für alle Klassenstufen der Sekundarstufen entwickelt und sowohl in Lehreraus-, fort- und -weiterbildung als auch für Schülerinnen und Schüler aufbereitet. Damit wird auch die Querschnittsaufgabe von Umweltbildung über verschiedene Jahrgangsstufen bis hin zur Lehreraus- und -fortbildung abgebildet. Dabei geht das übergreifende didaktisch-methodische Konzept in jedem Themenfeld stets von einem alltagsrelevanten Kontext aus, der im zweiten Schritt auf die direkte Umgebung der Lernenden bezogen wird und den diese im Sinne forschend-entwickelnden Lernens aktiv mit Smartphone-Experimenten erkunden. Dabei wird die selbsttätige Ergründung – die zentrale naturwissenschaftliche Methode – im Rahmen der einzelnen Themenfelder jeweils in Form von Lernzirkeln („Lernen an Stationen“) an aktuellen Umweltbildungsangeboten gefördert. Da die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Themenfelder die Experimente sowohl im Schülerlabor als auch als Nachbereitung zu Hause durchführen, werden sie auch außerhalb des „koordinierten Lernerlebens“ im Schülerlabor zum informellen Lernen außerhalb formeller Bildungsangebote angeregt. Eine der Aufgaben des Projektes ist deshalb neben der Verwendung der bereits in den mobilen Medien verbauten internen Sensoren auch die Entwicklung geeigneter einfacher und preisgünstiger externer Smartphone-Sensoren.

1 Einleitung: Aktuelle Problemstellung sowie Stand des bisherigen Wissens und der Technik

Die zunehmende Technisierung unserer Gesellschaft und die damit verbundenen Beeinflussungsmöglichkeiten unserer natürlichen Umwelt bringen neben vielen Vorteilen ebenso auch Risiken mit sich. Nach Renn (2014) bleiben gerade systemische Risiken wie Kernkraft, Lärmbelastung, Klimawandel oder auch Risiken der Abfallentsorgung unbemerkt. Sie schleichen dahin, ehe sie zu dramatischen Konsequenzen führen könnten. Dies ist teils auch darauf zurückzuführen, dass unsere menschlichen Sinne solche Einwirkungen oder deren absolutes Ausmaß zum Zeitpunkt der Exposition nicht wahrnehmen bzw. erfassen können. Somit ist ein selbstständig-aktives, handelndes Erkennen von Problemen nicht-nachhaltiger Entwicklung und damit eine Anwendung von Wissen über nachhaltige Entwicklung gerade in solchen „unsichtbaren“ Themenbereichen nicht oder nur schwer möglich. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Möglichkeiten zur individuellen, zeit- und ortsunabhängigen Erfassung im Alltag auftretender Umwelteinflüsse für den Erwerb dieser Gestaltungskompetenz (nach de Haan, 2007) und damit für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung eine bedeutende Rolle spielen. Zudem trägt dies einer „Scientific Literacy“ im Sinne eines Wegs zur gesellschaftlichen Partizipation umfassend Rechnung (Gräber et al., 2002). Diese fehlende Verbindung zwischen individuell auftretenden Umwelteinflüssen und der zeit- und ortsunabhängigen Erfassung kann gerade in den o.g. „unsichtbaren“ Themenbereichen durch den Einsatz von Smartphone und Tablet-PC hergestellt werden. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass mittlerweile gut ein Drittel der Jugendlichen in Deutschland einen Tablet-PC und mehr als 80 % ein Smartphone nutzen. Diese Geräte gehören somit zum alltäglichen Werkzeug speziell der jungen Generation, stehen also zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung. Auch in Schulen hält der Tablet-PC zunehmend Einzug, wobei dabei die Nutzung der Geräte bisher primär als Notebook-Ersatz erfolgt (z.B. als Cognitive Tool, zu Recherchezwecken). Andererseits können Smartphone und Tablet-PC auch vielfältig als kleine, transportable, mobile Messlabore zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht und speziell in der Umweltbildung eingesetzt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Alltagsmedien auch mit vielen internen Sensoren ausgestattet sind. So sind darin zum Beispiel Mikrofon und Kamera, Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und Beleuchtungsstärkesensor, Gyroskop, GPS-Empfänger und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor zu finden. Die mit den Sensoren erfassten Daten lassen sich über zusätzliche Programme, sogenannte Apps, auslesen, was sowohl qualitative als auch quantitative Experimente mit den Geräten ermöglicht. Smartphone und Tablet-PC stellen also kleine, transportable, mobile Messlabore dar, die unübersichtliche Versuchsapparaturen ersetzen können und dabei den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt sind, wodurch eine hohe Vertrautheit mit ihrer Bedienung erwartet werden kann. Durch die Anschlussfähigkeit an diese Erfahrungen

kann somit gerade in naturwissenschaftlich-technischen Bildungsangeboten das Umweltbewusstsein junger Menschen durch Einbindung der mobilen Medien speziell zur experimentellen Untersuchung aktueller Umweltthemen gefördert werden. Damit bietet der Einsatz mobiler Geräte insbesondere auch eine Gelegenheit zur Stärkung von experimentellen sowie forschend-lernenden Ansätzen in Umweltbildungsangeboten. Bezogen auf den Erwerb von Gestaltungskompetenz im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung werden somit alle drei Kompetenzkategorien (nach OECD, 2005a; 2005b) „Interaktive Verwendung von Medien und Tools“, „Interagieren in heterogenen Gruppen“ sowie „Eigenständiges Handeln“ durch das Experimentieren mit Smartphone und Tablet-PC als transportable, mobile Messlabore gefördert. Im Sinne einer „Scientific Literacy“ (OECD, 2008) zielt eine solche Konzeption auf die Teilkompetenzen „naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen“, „naturwissenschaftliche Phänomene erklären“ und „naturwissenschaftliche Evidenzen nutzen“ ab. Neben der Entwicklung derartiger neuer Lehr-Lernkonzepte stellt die Lehrerbildung ein zweites bisher noch offenes Handlungsfeld dar. Erst wenn Lehrkräfte als Multiplikatoren zur Umsetzung und Vermittlung diesbezüglicher Umweltthemen qualifiziert sind, können sie auch im eigenen Unterricht diese Konzepte entsprechend einsetzen. Gemäß dem auch von der DBU festgestellten diesbezüglichen Handlungsbedarf werden die beschriebenen Projektthemen im Rahmen von Lehrerfortbildung umgesetzt und parallel dazu auch direkt in die Lehramtsausbildung integriert.

Insgesamt „ergibt sich grundsätzlich ein großes Potenzial für den Einsatz neuer digitaler Medien in der Umweltbildung sowie in der Bildung für nachhaltige Entwicklung – speziell im Blick auf Jugendliche, die Naturerfahrungen aus eigenen Stücken nicht anstreben würden.“ Dabei ist die bisher sehr fokussierte Ausrichtung auf den Einsatz von Geo-Medien mit mobilen Kommunikationstechnologien unseres Alltags sicherlich ein richtiger Schritt hin zur größeren Begeisterung für den Umwelt- und Umweltschutzgedanken, lässt dabei bisher jedoch auch noch großes Potenzial außer Acht: Diese Medien können als aus dem Alltag her bekannte Messlabore verwendet werden, die insbesondere den Jugendlichen von heute die selbstaktive, handlungsorientierte Gestaltung einer nachhaltigen Bildung von morgen ermöglichen.

Aufbauend auf den inhaltlichen und strukturellen Vorarbeiten der Antragsteller werden dazu modellhaft die drei Themenfelder (TF) „Themenfeld 1: Untersuchung von Lärm und Lärmschutz“ (Klassenstufe 7/8), „Themenfeld 2: Schutz von Luft und Wasser“ (Klassenstufe 9/10), „Themenfeld 3: Der Radioaktivität auf der Spur“ (Klassenstufe 12/13) bearbeitet. In diesem Projekt werden schulbezogene Smartphone-Experimente zur Umweltbildung für alle Klassenstufen der Sekundarstufen entwickelt und sowohl in Lehreraus-, fort- und -weiterbildung als auch für Schülerinnen und Schüler aufbereitet.

2 Gegenstand des Projektes

Das hier beschriebene Projekt *Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente* sollte aufbauend auf den in 2. genannten Ausgangspunkten und den inhaltlichen und vor allem strukturellen Vorarbeiten der Antragsteller die o.g. Defizite im Bereich Umweltbildung für Lernende und diesbezügliche Lehrerbildungsmaßnahmen reduzieren. Dazu wurden in einem ersten Schritt schulbezogene Smartphone-Experimente zur Umweltbildung für alle Klassenstufen der Sekundarstufen insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer entwickelt. Somit werden mit diesem Projekt die Querschnittsaufgabe von Umweltbildung über verschiedene Jahrgangsstufen bis hin zur Lehreraus- und -fortbildung abgebildet.

Zu diesem Zweck umfasst das Bildungsangebot modellhaft die drei Themenfelder (Details: s. Materialien im Anhang) „*Themenfeld 1: Untersuchung von Lärm und Lärmschutz*“ (Klassenstufe 7/8), „*Themenfeld 2: Schutz von Luft und Wasser*“ (Klassenstufe 9/10), „*Themenfeld 3: Der Radioaktivität auf der Spur*“ (Klassenstufe 12/13). Diese gehören einerseits den in 1 genannten systemischen und „unsichtbaren“ Risikobereichen an und sind andererseits alltagsrelevant für Lernende. Dabei geht das übergreifende didaktisch-methodische Konzept in jedem Themenfeld stets von einem alltagsrelevanten Kontext aus, der im zweiten Schritt auf die direkte Umgebung der Lernenden bezogen wird und den diese im Sinne forschend-entwickelnden Lernens aktiv mit Smartphone-Experimenten erkunden. Dabei wird neben der selbsttätigen Ergründung zudem mit dem Experiment – *die* zentrale naturwissenschaftliche Methode – im Rahmen der einzelnen Themenfelder jeweils in Form von Lernzirkeln („Lernen an Stationen“) an aktuellen Umweltbildungsangeboten gefördert. Mit dieser auf konstruktivistischer Sicht des Lernens basierenden Methode wird insbes. das selbstständige, selbstorganisierte Lernen gefordert und gefördert, sodass die Lernenden jeweils individuell ihren eigenen Lernweg und ihr eigenes Lerntempo wählen können (s. z.B. Bauer, 1997; Hegele, 1998). Dies ist insbes. für die Schüler-, aber auch für die Lehrerkurse insofern relevant, dass ein informelles Lernen außerhalb der Schule durch die Verwendung der alltäglichen Kommunikationsmedien angeregt werden (s.u.), wozu eine selbstständige Erschließung unerlässlich ist. Für die Schülerkurse kommt durch die Methode des Stationenlernens zudem zum Tragen, dass die Motivation bei Lernenden durch die Verbindung von individueller Neigung, Interesse und Vermögen (als mitgebrachte Voraussetzungen) mit der Einsicht, eine gestellte Aufgabe auch lösen zu können. Bezogen auf die Lehrerkurse ist die Methode gerade deshalb geeignet, da es sich dabei um interdisziplinäre Lehrkraftgruppen handelt. Eine Gestaltung des eigenen Lernwegs nach individuellen Neigungen und Fähigkeiten ist in diesem Zusammenhang essentiell.

Da die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Themenfelder die Experimente sowohl während der Erprobung im Schülerlabor als auch als Nachbereitung zu Hause

durchführen, werden sie auch außerhalb des „koordinierten Lernerlebens“ im Schülerlabor zum informellen Lernen fern formeller Bildungsangebote angeregt. Vermutet werden kann, dass damit nachhaltige Umweltbildung ermöglicht wird. Eine der Hauptaufgaben des Projektes war deshalb neben der Verwendung der bereits in den mobilen Medien verbauten internen Sensoren auch die Entwicklung geeigneter einfacher und preisgünstiger externer Smartphone-Sensoren. Diese Systeme wurden derart konzipiert, dass Gehäuseteile, Einbauten etc. über meist leicht verfügbare 3D-Drucker gedruckt werden können (z. B. Smartphone-Spektrometer). Notwendige elektronische und optische Bauelemente wurden preisgünstig gestaltet und können einfach eingebaut werden.

Nach der Entwicklung der Sensoren und der anschließenden Erprobung der schulbezogenen Konzeptionen mit Smartphone-Experimenten zu den o.g. Themenfeldern erfolgen in einem weiteren Schritt koordinierte, jeweils 2-tägige Fortbildungen mit max. 20 Personen. Angesprochen wurden Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie, Physik, Geographie) aller Schularten. Die Fortbildungen versetzen diese Lehrkräfte in die Lage, Experimente mit Smartphone und Tablet-PC zur Umweltbildung effektiv und lernwirksam in ihren Unterricht einzubetten. Zudem wurden damit auch Lehrkräfte als Multiplikatoren gewonnen und ausgebildet, sodass die Fortbildungsveranstaltungen, unterstützt durch die Antragstellergruppe, mittelfristig an anderen Orten in größerer Anzahl von den beteiligten Lehrkräften selbst für weitere interessierte angeboten und durchgeführt werden können. Betreut werden die Lehrkräfte bei der Bearbeitung der Themenfelder während der Fortbildungen von Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer, die an der Entwicklung der Konzepte beteiligt wurden und weiterhin werden. Dies stellt einen Baustein zur Professionalisierung der Studierenden dar und dient andererseits auch dem frühzeitigen Vertrautmachen angehender Lehrkräfte mit dem Thema Umweltbildung. Dabei umfasst die Kompetenzvermittlung neben der Erprobung dieser themenspezifischen Experimentiermöglichkeiten und Unterrichtsinhalte auch die Begleitung bei der Implementation der Erkenntnisse in den Unterricht. Nach einem ersten Erproben der Konzeptionen durch die Lehrkräfte im Rahmen der Fortbildungsmaßnahmen und der Implementation in ihrem Unterricht erfolgte ein nochmaliger Optimierungsprozess. Damit sollte das Projekt auch Modellcharakter für den vorgesehenen Lösungsweg haben.

3 Zielsetzung des Projekts und Ergebnisse

Die Zielsetzung des Projekts war die Entwicklung neuer Lehrkonzepte im Bereich Umweltbildung in Schülerlaboren unter Verwendung neuer Smartphone-Experimente in den Themenbereichen Lärm und Lärmschutz, Luft und Wasser sowie Radioaktivität. Zudem sollten die Konzepte für Lehrerfort- und Lehramtsausbildung aufbereitet und implementiert werden. Im Folgenden werden die erzielten Ergebnisse dargestellt.

3.1 Entwicklung neuer Smartphone-Sensoren und Testsysteme

Bei der Entwicklung der neuartigen Sensorsysteme wurde größtes Augenmerk daraufgelegt, dass das Funktionsprinzip für Lernende nachvollziehbar und verständlich ist. Je nach Anforderungen oder gefahrenpotential der Messwerterhebung wurden die Smartphoneeigenen Sensoren oder externe Sensoren, die einen erhöhten Abstand zum Messgegenstand ermöglichen entwickelt.

3.1.1 Entwicklung des Smartphone-Photometers

Zunächst wurden die möglichen Wellenlängen für die zu entwickelnden Testsysteme bestimmt. Hierzu mussten die verfügbaren Emissionswellenlängen der einzelnen Lichtquellen verschiedener Smartphones vermessen und die jeweiligen Lichtintensitäten bestimmt werden. Zum anderen wurde ein Küvettensystem mit Polymerlichtwellenleiter entwickelt, welches die Verwendung herkömmlicher Einwegküvetten in dem Smartphone-Photometer ermöglicht. Die Halterung so entworfen, dass sie sich an verschiedene aktuelle Smartphonemodelle adaptieren lässt. Die entsprechenden Bauteile können mittels 3D-Drucker angefertigt werden. Entsprechende CAD-Modelle wurden entwickelt und deren Umsetzung im 3D-Drucker evaluiert. Sie stehen den Anwendern zum Download zur Verfügung.² Die gesamte Optik wurde so gestaltet, dass sie für verschiedene Android-Smartphones eingesetzt werden kann.



Abb. 1: Smartphone-Photometer

² www.mv.uni-kl.de/biovt/lehre/smartphone/spektrometer.zip; die Zugangsdaten werden per E-Mail zugesendet (Kontakt: ulber@mv.uni-kl.de).

Zur Etablierung der Versuche mit dem Smartphone-Photometer war die Evaluierung verschiedener Testsysteme in herkömmlichen Photometern, um ausschließen zu können, dass falsche Ergebnisse durch fehlerhafte Testsysteme verursacht werden. Bei der Entwicklung der Testsysteme musste darauf geachtet werden, dass Verbindungen zum Einsatz kommen, die möglichst auch in Schulen verwendet und dort sachgerecht entsorgt werden können. Es wurden dazu z. B. Silber- und Kupferverbindungen verwendet, die die Spaltung von Harnstoff durch das Enzym Urease hemmen. Dadurch wurde die Bildung von Ammoniak vermindert, welches durch einen gekoppelten Farbassay nachgewiesen werden kann. Basierend auf diesem Testsystem wurden weitere Kombinationen von Schwermetallen und Enzymen untersucht, damit verschiedene Inhibitionseffekte in den Kursen verdeutlicht werden können. Zur Steuerung der smartphoneyeigenen Sensoren und Komponenten sowie zur Auswertung und grafischen Darstellung der gewonnenen Sensorsignale wurde ein entsprechendes Android-Programm entwickelt. Das Programm wird zusammen mit den CAD-Modellen des Smartphone-Photometers unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

3.1.2 Entwicklung des Feinstaubensors

Verschiedene Verfahren der Feinstaubmessung wurden auf die Möglichkeit ihrer Implementierung als Smartphone-Erweiterung untersucht. Es wurden sowohl die gängigen Verfahren in Betracht gezogen, als auch eine neuartige Methode des optischen oder elektrischen Auswertens eines der Feinstaubbelastung ausgesetzten Filters. Es wurde eine spezifisch ausgelegte App zur Anbindung der Messtechnik an das Smartphone programmiert.

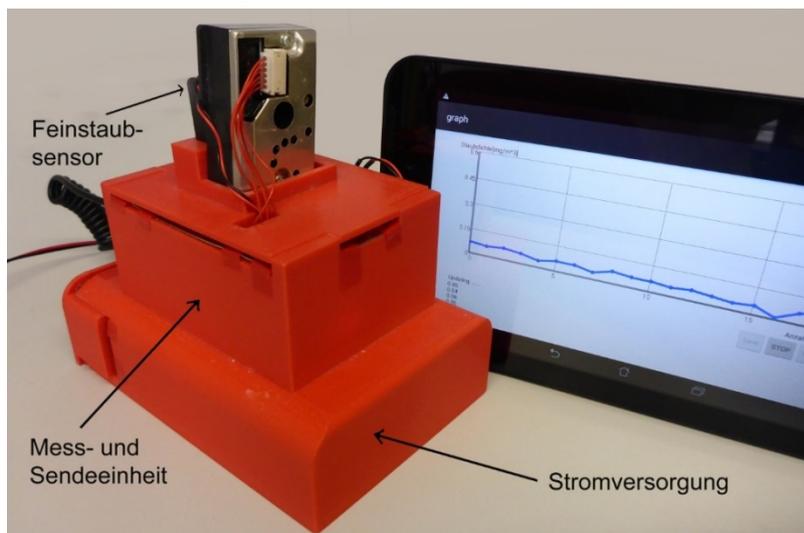


Abb. 2: Feinstaubmessgerät bestehend aus der Sensoreinheit (rot) sowie die App

3.2 Konzeption und Umsetzung von Schüler- und Lehrerkursen mit Smartphone-Experimenten

3.2.1 Übersicht über die entwickelten Konzepte

Die fachwissenschaftlichen Grundlagen der einzelnen Themenfelder wurden hinsichtlich Lehr-, Lern- und Arbeitsmaterialien von Lernenden und Lehrkräften didaktisch reduziert. So wurden im Themenfeld 1 (Lärm) zunächst experimentelle und App-basierte Darstellungsmöglichkeiten von Schallereignissen mit Smartphones erprobt, deren Kalibrierung mit Standardmessgeräten vorgenommen sowie die Verwendungsmöglichkeiten zur Untersuchung physikalischer Gesetzmäßigkeiten untersucht. Danach wurden neben geometrischen Maßnahmen zur Lärmreduktion (z.B. Eierschachteln an Raumwänden) auch die Wirkung verschiedener (alltäglicher) Materialien (z.B. Watte, Styropor) für Schallschutzmaßnahmen erprobt. Danach erfolgte die Aufarbeitung der Inhalte für die jeweilige Adressatengruppe, die Abstimmung auf den Lehrplan sowie die Einbindung des Kontexts.

Analog wurde bei der Konzeption für die Themenfelder 2 und 3 vorgegangen. Speziell bei Themenfeld 3 (Radioaktivität) ist allerdings zu ergänzen, dass infolge der schülerorientierten Zielsetzung spezielle strahlenschutztechnische Maßnahmen ergriffen werden mussten, indem beispielsweise für die experimentellen Aufbauten spezielle Versuchsaufbauten entwickelt und gebaut wurden.

Die entwickelten Lehr-Lernmaterialien sind im Anhang aufgeführt.

3.2.2 Übersicht über die bisherigen Erprobungen

Die zweitägigen Lehrerkurse wurden alle in einer wohlüberlegten Ablaufstruktur: Nach Begrüßung und Vorstellungsrunde folgt eine 30-minütige Vorstellung des Projektes sowie der damit verbundenen Zielstellungen. Nach einer kurzen Kaffeepause folgt ein 90-minütiger Fachvortrag zu einem der adressierten Themenfelder. Im Anschluss an diese Inputphase erproben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer arbeitsteilig in Kleingruppen die konzipierten Experimente und Lehr-Lernmaterialien in den einzelnen Themenfeldern. Pro Themenfeld wird dazu ein halber Tag benötigt, weshalb drei Rotationen erforderlich sind, damit alle Gruppen jedes Themenfeld einmal erproben konnten. Am Nachmittag des zweiten Tages erfolgt dann die fachdidaktische und unterrichtspraktische Diskussion zu den Experimenten, den Lehr-Lern-Materialien und deren Implementation in den Regelunterricht bzw. im Rahmen von Schülerlaborversuche. Eine Übersicht über den Verlauf der Lehrerkurse zeigt Abb. 3. Insgesamt wurden während der Projektlaufzeit 35 Schülerkurse, 11 Lehrerkurse und 10 wissenschaftliche Vorträge über das Projekt abgehalten. Eine Übersicht zeigt Tab. 1.

Programm Lehrerfortbildung
„iNature: Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente“

Ablauf Mittwoch, 10.05.2017

- 09:30-09:45: Begrüßung
- 09:45-10:15: Vorstellung Kurskonzept und Aufteilung in die Gruppen
- 10:15-10:30: Kaffeepause (46-225)
- 10:30-11:45: Prof. Dr. Jochen Kuhn, Vortrag: „U.EDU: Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“
- 11:45-13:00: Mittagspause (Mittagsessen in der Mensa)
- 13:00-16:00: Durchführung der Smartphone-Experimente (im jeweiligem Fachbereich)
- 16:00-16:15: Kaffeepause
- 16:15-17:30: Diskussion möglicher Unterrichtskonzepte mit den Smartphone- Experimenten in Kleingruppen
- 18:00: Abendessen und gemütliches Beisammensein

Ablauf Donnerstag, 11.05.2017

- 08:45: Kaffee (46-225)
- 09:00-12:00: Experimentphase 2 (jeweiliger Fachbereich)
- 12:00-13:00: Mittagspause (Mittagsessen in der Mensa)
- 13:00-16:00: Experimentphase 3 (jeweiliger Fachbereich)
- 16:00-17:00: Abschlussdiskussion und Verabschiedung

Abb. 3: Programm der Lehrerfortbildung vom 10./11.05.2017



Abb. 4: Impressionen der Lehrerfortbildungsveranstaltung vom 10./11.05.2017

Veranstaltungskatalog

Home > Veranstaltungskatalog

Freitextsuche:

abgeschlossene Veranstaltungen anzeigen

10 Einträge anzeigen Filter:

Nummer	Veranstaltung	Ort	Termin	Status
17ST005702	iNature: Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente	Kaiserslautern	10.05.2017 - 11.05.2017	Freigegeben

Beschreibung
 Anmeldungen bitte unter <https://www.physik.uni-kl.de/inature/veranstaltungen/>
 Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.physik.uni-kl.de/inature/home/>
 Auskunft: Herr Prof. Dr. Jochen Kuhn, Technische Universität Kaiserslautern, Fb Physik, Erwin-Schroedinger-Strasse, Gebäude 46, 67663 Kaiserslautern, Tel. 0631/205 2695, E-Mail: kuhn@physik.uni-kl.de
 Eine Erstattung von Reisekosten, Teilnahmegebühren, Unterbringungs- und Verpflegungskosten ist leider nicht möglich.
 Bitte erfragen Sie bei Ihrer Schulleitung oder Ihrem Fortbildungsbeauftragten, ob die Schule ein Fortbildungsbudget hat und Sie ein Zuschuss über dieses Budget erhalten können. Der Zuschuss kann unter <http://fobu.bildung-rp.de> beantragt werden.

Veranstalter
 Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Ort
 Kaiserslautern

Adresse
 Technische Universität Kaiserslautern
 Fb Physik
 Erwin-Schroedinger-Strasse, Gebäude 46
 67663 Kaiserslautern

Nummer	Veranstaltung	Ort	Termin	Status
1 bis 1 von 1 Einträgen				

← Zurück 1 Nächster →

Abb. 5: Veranstaltungskatalog der Lehrerfortbildungsveranstaltung vom 10./11.05.2017 Bildungsserver Rheinland Pfalz: <https://evewa.bildung-rp.de/veranstaltungskatalog>

Tab. 1: Übersicht über bisherige Schüler- und Lehrerkurse sowie Vorträge zum Projekt

Datum	Lehrerfortbildung/ Vortrag/Schülerkurs	Vor-	Ort/Schule	Themenfeld
26.11.2014	Schülerkurs		Gym. Edenkoben	Akustik
27.11.2014	Schülerkurs		Gym. Edenkoben	Akustik
03.12.2014	Schülerkurs		Gym. Edenkoben	Akustik
04.12.2014	Schülerkurs		Gym. Edenkoben	Akustik
28.01.2015	Schülerkurs		MWS Landau	Akustik
23.04.2015	Schülerkurs		Paul-Schneider-Gymnasium, Meisenheim	Akustik
18.05.2015	Schülerkurs		Max-Planck Gymnasium, Trier	Akustik
02.06.2015	Schülerkurs		Max-Planck Gymnasium, Trier	Akustik
29.06.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
02.07.2015	Schülerkurs		Sickingen Gymnasium Landstuhl	Akustik
03.07.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
06.07.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
10.07.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
13.07.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
07.07.2015	Vortrag		Würzburg	Akustik, Radioaktivität
24.09.2015	Vortrag		Berlin	Akustik, Radioaktivität
01.10.2015	Lehrerfortbildung		Kaiserslautern	Akustik
09.10.2015	Lehrerfortbildung		Kaiserslautern	Akustik
13.10.2015	Lehrerfortbildung		Speyer	Akustik
12.10.2015	Schülerkurs		Max-Planck Gymnasium, Trier	Akustik
21.10.2015	Schülerkurs		Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
03.11.2015	Schülerkurs		Helmholtz-Gymnasium, Zweibrücken	Radioaktivität
12.11.2015	Schülerkurs		HHG Gymnasium Kaiserslautern	Akustik
13.11.2015	Schülerkurs		HHG Gymnasium Kaiserslautern	Radioaktivität
14.01.2016	Schülerkurs		Nordpfalzgymnasium Kirchheimbollen	Akustik
17.02.2016	Schülerkurs		Theodor-Heuss-Gymnasium Ludwigshafen	Radioaktivität
19.02.2016	Schülerkurs		IGS Thaleischweiler-Fröschen	Radioaktivität
04.04.2016	Schülerkurs		BBS Pirmasens	Radioaktivität
13.10.2015	Lehrerfortbildung		Pädagogisches Landesinstitut Speyer	Akustik
19.11.2015	Vortrag		JGU Mainz	Akustik, Radioaktivität
01.02.2016	Lehrerfortbildung		Hessisches Fortbildungsinstitut Fulda	Akustik
16.02.2016	Lehrerfortbildung		Universität Marburg	Akustik
19.02.2016	Lehrerfortbildung		MNU-Tagung Hamburg	Akustik
01.03.2016	Vortrag		DPG-Tagung Hannover	Akustik, Radioaktivität
11./12.04.2016	Lehrerfortbildung		Kaiserslautern	alle
07./08.06.2016	Woche der Umwelt		Schloss Bellevue, Berlin	alle
04.05.2016	Schülerkurs		BBS Pirmasens	Akustik
25.04.2016	Schülerkurs		Kaiserslautern (Helmholtz-Gymnasium Zweibrücken)	Wasser
26.04.2016	Schülerkurs		Kaiserslautern (Europa-Gymnasium Wörth)	Wasser
06.06.2016	Schülerkurs		Stefan-Andres-Gymnasium, Schweich	Radioaktivität
14.06.2016	Schülerkurs		Kaiserslautern (Reichswald Gymnasium, Ramstein-Miesenbach)	Wasser
15.06.2016	Schülerkurs		Kaiserslautern (Megina-Gymnasium, Mayen)	Wasser
05.07.2016	Schülerkurs		Rittersberg Gymnasium, Kaiserslautern	Radioaktivität
11.07.2016	Schülerkurs		Helmholtz-Gymnasium, Zweibrücken	Akustik
14.07.2016	Schülerkurs		Technisches Gymnasium, KL	Akustik

30.08.2016	Schülerkurs	Helmholtz-Gymnasium, Zweibrücken	Akustik
06.09.2016	Schülerkurs	Casanus Gymnasium, St. Wendel	Akustik
21.09.2016	Schülerkurs	HHG Gymnasium Kaiserslautern	Radioaktivität
23.06.2016	Lehrerfortbildung	Speyer	Akustik, Radioaktivität
12.09.2016	Vortrag	Mainz	Akustik, Radioaktivität
23.09.2016	Lehrerfortbildung	Kaiserslautern	Akustik, Radioaktivität
26./27.09.16	Lehrerfortbildung	Kaiserslautern	alle
05.12.2016	Schülerkurs	Kaiserslautern (Gymnasium Saarburg)	Wasser
08.12.2016	Schülerkurs	Kaiserslautern (Burggymnasium Kaiserslautern)	Wasser
12.12.2016	Schülerkurs	Rittersberg Gymnasium Kaiserslautern	Akustik
14.12.2016	Schülerkurs	Rittersberg Gymnasium Kaiserslautern	Radioaktivität
17.01.2017	Schülerkurs	IGS Bertha-von-Suttner	Akustik
24.01.2017	Schülerkurs	Burggymnasium Kaiserslautern	Akustik
30.01.2017	Schülerkurs	Albert-Schweitzer Gymnasium Kaiserslautern	Akustik
31.01.2017	Schülerkurs	Albert-Schweitzer Gymnasium Kaiserslautern	Radioaktivität
06.02.2017	Schülerkurs	IGS Enkenbach-Alsenborn	Akustik
17.02.2017	Schülerkurs	BBSW1 Ludwigshafen Wirtschaftsgymnasium	Akustik
20.02.2017	Schülerkurs	Sickingen Gymnasium	Radioaktivität
21.02.2017	Schülerkurs	IGS Thaleischweiler-Fröschen	Radioaktivität
23.02.2017	Schülerkurs	Gymnasium am Rittersberg	Radioaktivität
29.03.2017	Schülerkurs	Grundschule Pestalozzi (2 Gruppen)	Akustik
03.04.2017	Vortrag	ETH Zürich	alle
05.04.2017	Vortrag, Lehrerfortbildung	Schule und Uni Bielefeld	Akustik
10.04.2017	Schülerkurs	Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
12.04.2017	Schülerkurs	Römerkastell, Bad Kreuznach	Akustik
13.04.2017	Vortrag	Universität Dillingen (Donau)	Akustik, Radioaktivität
26.04.2017	Vortrag	Universität Saarbrücken	Akustik, Radioaktivität
05.05.2017	Lehrerfortbildung	Deidesheim	alle
06.05.2017	Lehrerfortbildung	St. Gallen	Akustik
10.05.2017	Lehrerfortbildung	TU Kaiserslautern	alle
11.05.2017	Lehrerfortbildung	TU Kaiserslautern	alle
23.05.2017	Schülerkurs Landeswettbewerb	TU Kaiserslautern	Radioaktivität
24.05.2017	Schülerkurs Landeswettbewerb	TU Kaiserslautern	Akustik
24.05.2017	Vortrag Studieninformationstag	TU Kaiserslautern	alle
29.05.2017	Schülerkurs	IGS Enkenbach-Alsenborn	Radioaktivität

3.3 Pilotstudie zur Evaluation der Lehrerfortbildung

Bei Lehrkräften wird aus einer wissenschaftlichen Perspektive vor allem das Zusammenspiel der Dimensionen von pädagogischem und inhaltlichem Wissen mit dem fachdidaktischen Wissen betrachtet, wenn eine Betrachtung des professionellen Wissensstandes vorgenommen wird. Im Rückgriff auf den TPACK-Ansatz ist auch die Bedeutung des technologischen Wissens für die erfolgreiche Anwendung moderner Medien beim Einsatz im Unterricht bekannt.

Die Nutzbarmachung von Smartphones in vier Themenbereichen (Belastung mit Schwermetallen, Feinstaub sowie Lärm und Radioaktivität) als Experimentiergegenstand für den Unterricht war Gegenstand der Lehrerfortbildungseinheiten dieses Pro-

jekts, die mit einem übersetzten und adaptierten TPACK-Instrument evaluiert wurden. Der im Prä-Posttest-Design eingesetzte Fragebogen erfasste dabei jeweils neben den drei eingangs genannten Dimensionen auch das technologische Wissen der Lehrkräfte. In der ersten Auswertung der Pilotierung wurden enge Zusammenhänge der inhaltlich verbundenen Dimensionen von Inhaltswissen, fachdidaktischem Wissen und technologischem Inhaltswissen nachgewiesen. Darüber hinaus konnte ein deutlicher Zugewinn beim Inhaltswissen und dem fachdidaktischen Wissen festgestellt werden. Vor allem jedoch im Bereich des technologischen Inhaltswissens gaben die Lehrkräfte einen deutlichen Wissensaufbau an. Die Pilotstudie und die zugehörigen Ergebnisse (Walker et al., 2016) wurden in der Zeitschrift „Lehrerbildung auf dem Prüfstand“ veröffentlicht.

4 Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

4.1 Woche der Umwelt

Das Projekt wurde aus über 600 Bewerbungen von einer vom Bundespräsidenten berufenen, unabhängigen Jury ausgewählt und am 7. und 8. Juni 2016 auf der Woche der Umwelt im Park von Schloss Bellevue präsentiert. Der zugehörige Internetauftritt des Projektes im Rahmen der Woche der Umwelt ist unter

https://www.woche-der-umwelt.de/index.php?menuecms=2439&firma_id=1069

zu finden:

The screenshot shows the homepage of the 'Woche der Umwelt' website. The main content area features a project titled 'iNature: Umweltbildung mit Smartphone-Experimenten in Schülerlaboren'. On the left, there is an image of a hand holding a smartphone with a tree and a cityscape on the screen. To the right of the image is a text block describing the project's focus on environmental education using mobile devices. Further right, there is a section titled 'Infos zum Aussteller' which lists contact information for TU Kaiserslautern, including the stand number (139), organization, address (Gottlieb-Daimler-Straße 67663), location (Kaiserslautern), and website (www.uni-kl.de). Below this, a 'Kooperationspartner:' section lists several academic institutions and their respective departments.

Abb. 6: Screenshot „Woche der Umwelt“ - Homepage

4.2 Beitrag über das Projekt in der SWR-Landesschau

Ein Filmbeitrag zu der in 4.2.2 beschriebenen Lehrerfortbildung erschien am 26.09.2016 in der SWR-Landesschau (s.

<http://www.ardmediathek.de/tv/Landesschau-aktuell-Rheinland-Pfalz/Moderne-Medien-im-Unterricht/SWR-Rheinland-Pfalz/Video?bcastId=205724&documentId=37969882>)



Abb. 7: Screenshot „ARD-Mediathek“ (Beitrag über das Projekt in der SWR-Landesschau)

4.3 Pressebeiträge: UNISPECTRUM live und PM zur Lehrerfortbildung

Zudem wurde das Projekt in dem Online-Magazin UNISPECTRUM live beschrieben (s. <http://www.unispectrum.de/studieren/mobiles-labor-in-der-jackentasche>)



Mobiles Labor in der Jackentasche

Von Unispectrum live • Melanie Löw

917 VIEWS | 0 NOTES



Eine Nachricht mit WhatsApp an die Freunde schicken, Fotos bei Instagram hochladen oder einfach nur ein Computerspiel spielen – mit Smartphone und Tablet geht aber noch viel mehr: Zum Beispiel selber experimentieren. Genau das bieten Forscher der TU Kaiserslautern in den neuen Schülerlaborangeboten des Projekts „iNature“ an. Hier verwandelt sich das Smartphone zum mobilen Mini-Labor. Mit ihm lassen sich etwa Lärm, Wasserverschmutzung und sogar Radioaktivität messen.

Ein Leben ohne Smartphone und Tablet? Für die meisten Jugendlichen undenkbar. Rund 80 Prozent von ihnen nutzen die Geräte täglich – wenn nicht gar stündlich. Sie chatten mit Freunden, posten auf Facebook oder stellen ihre Schnappschüsse bei Snapchat ein. Dabei kennen sie sich mit der Technik bestens aus, sie können die Geräte aus dem Effeff bedienen. Warum sie also nicht im Unterricht einsetzen? Genau daran arbeiten Forscher um Professor Dr. Jochen Kuhn, Privatdozent Dr. Bernhard Hauck und Professor Dr. Roland Ulber von der TU Kaiserslautern. Sie möchten, dass Schülerinnen und Schüler die Technik nutzen, um damit selber zu experimentieren. „In Smartphones und Tablets sind viele verschiedene Sensoren verbaut“, weiß Kuhn. „Mit ihnen können Schüler beispielsweise verschiedenen physikalischen Phänomenen auf den Grund gehen.“

In den neuen Schülerlaborangeboten des Projekts „iNature“ kommen die Geräte voll und ganz zum Einsatz. Die Angebote widmen sich Umweltthemen und werden von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert. Ziel ist es, junge Menschen für Themen wie Kernkraft, Lärm und Umweltverschmutzung zu sensibilisieren. Jugendliche können sich hierbei unter anderem mit folgenden Fragen auseinandersetzen: Wie wirkt sich zu viel Lärm auf die Gesundheit aus? Was passiert mit dem Feinstaub in der Luft? Wie lassen sich Schwermetalle im Wasser nachweisen? Was bedeutet eigentlich Radioaktivität?

„Die jungen Menschen sind motivierter und neugieriger auf die Studieninhalte, wenn sie mit den Medien arbeiten.“

Abb. 8: Screenshot “UNISPECTRUM live” - Homepage

und die Lehrerfortbildung über den idw veröffentlicht (s. <https://idw-online.de/de/news658437>).

The screenshot shows the homepage of idw-online. At the top, there is a navigation bar with the idw logo and the text "idw - Informationsdienst Wissenschaft Nachrichten, Termine, Experten". To the right, there are links for "English", "Login", "Registrieren", "Kontakt", and "Impressum". Below the navigation bar, there is a search bar with the text "Nachrichten und Termine durchsuchen" and a search button. To the right of the search bar, there is a button for "Erweiterte Suche" and a question mark icon. Below the search bar, there is a breadcrumb trail: "Home > Pressemitteilung: Neues Schülerangebot an der TU ...". On the left side, there is a sidebar with a menu containing "Nachrichten", "Termine", and "Experten". Below the menu, there are social media icons for Facebook and RSS. On the right side, there are icons for a printer, a link, a document, and a share icon. The main content area features a news article titled "Neues Schülerangebot an der TU Kaiserslautern: Experimentieren mit dem Smartphone". The article is dated "06.09.2016 08:00" and has a "Teilen" button with social media icons. The article text discusses the use of smartphones in education and the new student offer at TU Kaiserslautern. The article is written by Katrin Müller, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit at Technische Universität Kaiserslautern. The article text is as follows:

06.09.2016 08:00 Teilen:

Neues Schülerangebot an der TU Kaiserslautern: Experimentieren mit dem Smartphone

Katrin Müller Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Technische Universität Kaiserslautern

Eine Nachricht mit WhatsApp an die Freunde schicken, Fotos bei Instagram hochladen oder einfach nur ein Computerspiel spielen – mit Smartphone und Tablet geht aber noch viel mehr: Zum Beispiel selber experimentieren. Genau das machen Forscher der TU Kaiserslautern in den neuen Schülerlaboreangeboten des Projekts „iNature“ möglich. Hier verwandelt sich das Smartphone zum mobilen Mini-Labor. Mit ihm lassen sich etwa Lärm, Wasserverschmutzung und sogar Radioaktivität messen. Das Angebot richtet sich an Schülerinnen und Schüler ab Klassenstufe 7.

Vom 26. bis 27. September findet dazu eine Lehrerfortbildung statt. Anmeldungen sind noch möglich.

Rund 90 Prozent der Jugendlichen nutzen Smartphone oder Tablet täglich. Sie kennen sich mit der Technik bestens aus und können die Geräte aus dem Effeff bedienen. Warum sie also nicht im Unterricht einsetzen? Genau daran arbeiten Forscher um Professor Dr. Jochen Kuhn, Privatdozent Dr. Bernhard Hauck und Professor Dr. Roland Ulber von der TU Kaiserslautern. Sie möchten, dass Schülerinnen und Schüler die Technik nutzen, um damit selber zu experimentieren. „In Smartphones und Tablets sind viele verschiedene Sensoren verbaut“, sagt Kuhn. „Mit ihnen können Schüler beispielsweise verschiedenen physikalischen Phänomenen auf den Grund gehen.“

In den neuen Schülerlaboreangeboten des Projekts „iNature“ kommen die Geräte voll und ganz zum Einsatz. Die Angebote widmen sich Umweltthemen und werden von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert. Ziel ist es, junge Menschen für Themen wie Kernkraft, Lärm und Umweltverschmutzung zu sensibilisieren. Jugendliche können sich hierbei unter anderem mit folgenden Fragen auseinandersetzen: Wie wirkt sich zu viel Lärm auf die Gesundheit aus? Was passiert mit dem Feinstaub in der Luft? Wie lassen sich Schwermetalle im Wasser nachweisen? Was bedeutet eigentlich Radioaktivität? Für die Experimente haben die Forscher eigene Messsysteme entwickelt, die mit dem Smartphone interagieren. Ein mobiler Sensor erlaubt es beispielsweise, gefahrlos die Feinstaubkonzentration hinter einem Auto zu messen. Das Gerät schickt die Daten per WLAN an das Smartphone. Um Schwermetalle in Wasser aufzuspüren, haben die Forscher ein Gerät entwickelt, das als Aufsatz auf das Smartphone passt.

Alle Techniken, die bei iNature zum Einsatz kommen, sind einfach zu handhaben. Schulklassen können entweder auf dem Campus experimentieren oder aber einen Experimentierkoffer ausleihen. Das Angebot ist für Schülerinnen und Schüler ab Klasse 7 geeignet.

Die Forscher der TU untersuchen zudem jedes Mal, ob ihre Ideen und Konzepte wirklich helfen, das Lernen zu verbessern. „Hat es sich bewährt, nutzen wir es bei der Ausbildung der künftigen Lehrer“, sagt Kuhn. „Wir möchten zum einen den Studentinnen und Studenten gute Konzepte an die Hand geben, aber auch die Lehrkräfte an Schulen auf den digitalen Wandel vorbereiten.“

Die nächste Lehrerfortbildung findet vom 26. bis 27. September statt. Anmeldungen dazu sind möglich unter <https://www.physik.uni-kl.de/inature/veranstaltungen-und-anmeldung/>

Fragen beantwortet:
Prof. Dr. Jochen Kuhn
TU Kaiserslautern/Fachbereich Physik/Didaktik der Physik
Tel.: 0631 205 2393
e-mail: kuhn@physik.uni-kl.de
web: <http://www.physik.uni-kl.de/kuhn/>

Abb. 9: Screenshot der "idw-online"-Homepage

4.4 Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Auszeichnungen des Projektes

Zu dem Projekt konnten vier wissenschaftliche Publikationen in referierten Zeitschriften eingereicht bzw. veröffentlicht werden:

- Schäfer, M., Bräuler, V., Ulber, R. (2017). Development of a new smartphone-spectrometer. *Sensors and Actuators B*, eingereicht.
- Schäfer, M., Hauck, B., Kuhn, J. & Ulber, R. (2017). Smarte Analytik. *Chemie in unserer Zeit*, eingereicht.
- Schäfer, M., Ulber, R., Kuhn, J. & Wilhelm, T. (2017). VTsensor - Eine App misst im Trüben. *Physik in unserer Zeit* 48 (4), angenommen.
- Walker, F., Kuhn, J., Hauck, B., Ulber, R., Hirth, M., Molz, A., Schäfer, M. & van Waveren, L. (2017). Erfassung von technologisch-pädagogischem Inhaltswissen in Lehrerfortbildungen zum naturwissenschaftlich-technischen Experimentieren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente: Erste Ergebnisse einer Pilotierung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* 10 (1), angenommen.

Im Rahmen der Vorstellung des Projektes und einzelner Projektpakete auf fachwissenschaftlichen Tagungen konnte durchweg positive Rückmeldung verzeichnet werden.

So konnte der "Best Poster Award" im Rahmen der DECHEMA Himmelfahrtstagung 2016: „New Frontiers for Biotech-Processes“ für die Posterpräsentation zu "Detection of enzymatic activities and kinetics using a 3D-printed smartphone spectrometer" errungen am 04.05.2016 werden. Neben der Würdigung wurde die Vorstellung des Projektes in Form einer Kurzpräsentation ermöglicht.

Auch International konnte eine positive Resonanz verzeichnet werden. Die Posterpräsentation während der BioTech 2016 in Zürich wurde am 07.09.2016 mit dem 3. Platz des „Best-Poster-Awards“ für "Detection and semiautomatic evaluation of reaction kinetics using a 3D-printed smartphone photometer" gewürdigt.

Neben Posterpäsentationen wurde das Projekt von einer Fachjury für eine Präsentation während der ProcessNet-Jahrestagung und 32. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen am 14.09.2016 ausgewählt. Auch in diesem Rahmen konnte ein positives und konstruktives Feedback zum Vortrag mit dem Titel "Development of a new smartphone-spectrometer for enzymatic bioassays" aufgenommen werden.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Möglichkeiten zur individuellen, zeit- und ortsunabhängigen Erfassung im Alltag auftretender Umwelteinflüsse für den Erwerb von Gestaltungskompetenz (nach de Haan, 2007) und damit für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung spielen eine bedeutende Rolle. Das Projekt greift mit experimentellen Umweltbildungsangeboten in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimenten diese Möglichkeiten auf und schließt damit bisher vorliegenden Defizi-

te hinsichtlich diesbzgl. fehlender Angebote für Lernende und für Lehrkräfte in den hier adressierten Themenbereichen

6 Literaturverzeichnis

DE HAAN, G. (Hrsg.): *Orientierungshilfe Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I: Begründungen, Kompetenzen, Lernangebot*. Berlin: Transfer-21, 2007

GRÄBER, W., NENTWIG, P., KOBALLA, TH.R., EVANS, R.H.: *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske und Budrich, 2002

OECD: *PISA 2006 – Schulleistungen im internationalen Vergleich – Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, 2008

RENN, O.: *Das Risikoparadox. Warum wir uns vor dem Falschen fürchten*. Frankfurt: Fischer TB, 2014.

WALKER, F., KUHN, J., HAUCK, B.; ULBER, R.; HIRTH, M.; MOLZ, A.; SCHÄFER, M.; VAN WAVEREN, L.: Erfassung von technologisch-pädagogischem Inhaltswissen in Lehrerfortbildungen zum naturwissenschaftlich-technischen Experimentieren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente: Erste Ergebnisse einer Pilotierung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2016, (accepted).

7 Anhang

7.1 Unterrichtsmaterialien

7.2 Dokumentation Feinstaubmessgerät

iNoise

Experimentieren zum Thema Lärm

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
Projektnr. 31993

www.dbu.de

Inhalt:

Station 1	-	Lärm erleben	S. 1 – 4
Station 2	-	Lärm mindern	S. 5 – 8
Station 3	-	Lärm vermeiden	S. 9 – 12
Station 4	-	Lärmkarte der TU	S. 13 – 16

Hinweise

Heftaufbau:

- Auf der ersten Seite einer Station werden zunächst die Lernziele und anschließend die Arbeitsaufträge aufgeführt.
- Die zweite Seite gibt Aufschluss über benötigtes Material. Oft findet Ihr Skizzen, die den experimentellen Aufbau darstellen sollen.
- Die folgenden Seiten einer Station beinhalten detailliertere und weitere Arbeitsaufträge. Hier sollst du die Ergebnisse deiner Messungen aufschreiben.

Verwendete Apps:



Noise

Diese App misst den sogenannten Schalldruckpegel in der Einheit dB. Neben dem momentanen Messwert könnt Ihr auch einen gemittelten Schallpegel messen.



Signal-generator

Die App erzeugt Töne verschiedener Tonhöhe und Lautstärke. Nutze die App nur, wenn es sein muss und dann auch nur **mit Kopfhörern!** Es gilt das Motto: **So viel wie nötig, so wenig wie möglich.**



Musik

In einigen Fällen sollt Ihr Musik oder Soundfiles mit den Smartphones bzw. Tablets abspielen und es euch anhören. Manchmal dürft Ihr auch Musik von eurem eigenen Handy für die Stationen nutzen.

Symbolerläuterungen:



Info-Text Der kurze Einleitungstext vermittelt einen Einstieg in die Station.



Lernziele Hier seht Ihr kurz und knapp das Wesentliche, worum es in der Station geht und was Ihr dabei erleben oder lernen könnt.



Aufträge Hier findet ihr zusammenfassend Arbeitsaufträge.



Bleistift Die Arbeitsaufträge sind in kleinere Teilaufgaben unterteilt. Hier sollt Ihr Notizen machen und Eure Ergebnisse dokumentieren.



Materialien Wo Ihr dieses Symbol seht, erfahrt Ihr etwas über die bei den Stationen benötigten Materialien. Außerdem wird hier gezeigt, wie die Experimente aufgebaut werden können.

ACHTUNG:

Im Verlaufe der Stationen, werdet Ihr häufiger Musik oder andere Soundfiles über Kopfhörer hören. Zu Eurem Schutz: Lautstärkereglern auf den ausgeliehenen Tablets und iPods bitte immer auf mittel einstellen (8 von 16), außer Ihr sollt es nach einer Aufgabenstellung tun. Steckt dann die Kopfhörer nicht mehr in die Ohren und stellt die Lautstärke nach der Station wieder auf mittel!

Lärm erleben



Blitz und Donner sind Beispiele für natürliche Lärmquellen. Aber den meisten Lärm verursacht der Mensch selbst: Ob durch Verkehr, laute Musik, den Betrieb von Maschinen und, und, und. Dabei ist längst nicht jeder Lärm auch so laut, dass er das Gehör schädigt. Aber dauerhafte Beschallung mit einem solchen Schall kann Konzentrationsschwierigkeiten bewirken oder gar Herz-/ Kreislaufkrankungen zur Folge haben.



- **Erlebe verschiedenen Schall und stufe ihn als mehr oder weniger nervigen Lärm ein.**
- **Erkenne, dass Lärm nicht nur etwas mit der Lautstärke zu tun hat, sondern stark von unserem persönlichen Empfinden abhängt.**
- **Überprüfe, wie deine Konzentrationsfähigkeit von Lärm beeinflusst wird.**



1) Hört euch nacheinander die fünf Sound-Files unter „**Musik → Playlists → iNoise → Lärm erleben1**“ an.

Verwendet dabei den Kopfhörer-Splitter, damit alle gleichzeitig zuhören können.

Bearbeitet die Detailaufträge zu 1) auf Seite 3.



2) Testet, unter welchen Bedingungen ihr am konzentriertesten ein Rätsel lösen könnt. Es stehen drei Durchgänge an: Einer mit Gehörschutz, einer mit Musik und einer mit Lärm.

Für eine reibungslose Durchführung, befolgt die Anweisungen des Betreuers!

Bearbeitet die Detailaufträge zu 2) auf Seite 4.



Lärm erleben



- 1 Tablet oder 1 iPod
- pro Gruppenmitglied 1 Kopfhörer
- 1 Kopfhörer-Splitter
- pro Gruppenmitglied 1 Gehörschutz
- diverse Soundfiles

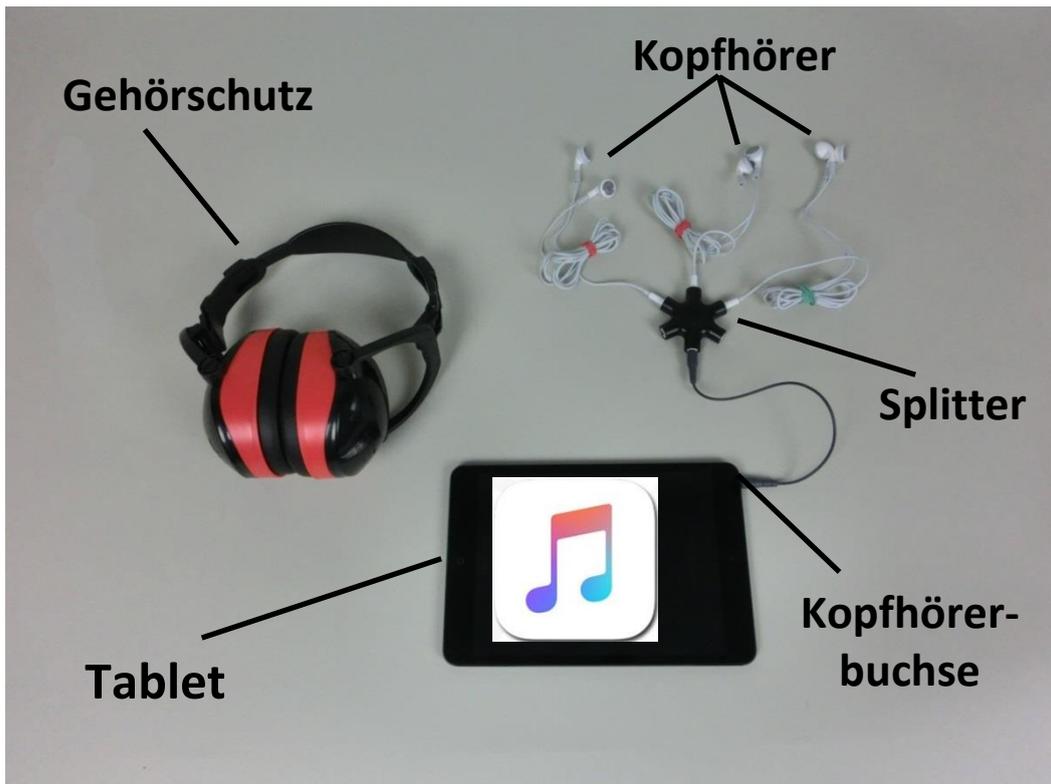


Abb. 2.1 Versuchsanordnung für die Station *Lärm erleben* (und zum Teil auch bei der Station *Lärm vermeiden*)

Lärm erleben



Detailaufträge zu 1)

Keiner der fünf Soundfiles ist bei dieser kurzen Einwirkung schädigend für das Gehör, aber wie Ihr sicher gemerkt habt, sind einige unerträglich.

- Unten findet Ihr ein paar Attribute und Substantive, die Ihr bei der Beschreibung der Schallereignisse verwenden könnt. Vielleicht fallen euch noch mehr ein? Empfindest Du den Schall als Lärm? Kreuze an!

Nocturne des Schnarchers											Lärm	
											ja	nein
Babyblues im Bus											Lärm	
											ja	nein
Bahnhofs-ouvertüre											Lärm	
											ja	nein
Verkehrs-orchester											Lärm	
											ja	nein
Die Kunst des Schreiens											Lärm	
											ja	nein

Kunst, nervig, Gedudel, natürlich, bohrend, krass, hämmernd, eintönig, laut, Schmerzen, dynamisch, ohrenbetäubend, abstoßend, gruselig, rassig, Angst, angenehm, rhythmisch, Stress, ungewöhnlich, technisch, Kopfweg, quietschend ...

- Unterscheiden sich eure Beschreibungen? Woran kann das liegen?

Lärm mindern



Wenn Lärm nicht vermieden werden kann, bleibt als Ausweg oft nur die Minderung des Lärms durch spezielle Schallschutzmaßnahmen. Jeder Schall, den wir wahrnehmen, breitet sich von seiner Quelle (z.B. Kopfhörer) zum Empfänger (z.B. die Ohren) aus. Die Idee des **passiven Schallschutzes** ist es, störenden Schall bei seiner Ausbreitung *abzuschwächen*, oder ihn *zu behindern und umzulenken*.



- Ihr lernt die **Schalldämmung** als eine Methode des Schallschutzes kennen. Bei dieser Methode wird Schall an Oberflächen zurückgeworfen und umgelenkt (reflektiert, Reflexion).
- Ihr überprüft verschiedene Materialien hinsichtlich ihrer dämmenden Eigenschaften.



1) In einer Sitzung des Stadtrates geht es um ein Schallschutzprojekt am Stadtrand, wo eine neu gebaute Straße den Anwohnern den Schlaf raubt. Auch die Tiere sind vom Lärm bedroht.

Lest auf dem am Arbeitsplatz liegenden **Zusatzblatt** über die Debatte nach und versteht den Hintergrund der Geschichte. Bearbeitet danach die Detailaufträge zu 1) auf Seite 7.



2) Für die Anwohner gibt es eine ganz günstige Möglichkeit, sich vor dem Lärm zu schützen: Und zwar, indem Sie sich etwas in die Ohren stecken. Aber was ist dafür am besten geeignet?

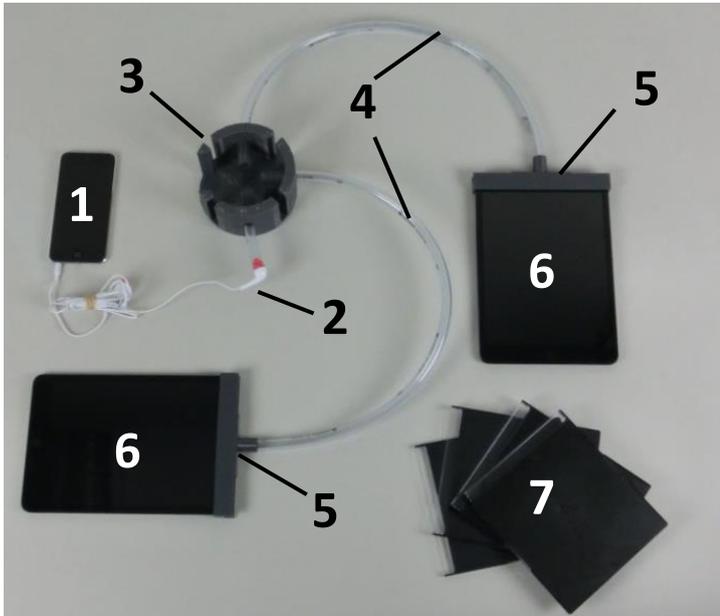
Testet in dieser Aufgabe die schalldämmenden Eigenschaften von verschiedenen Materialien. Gips, Watte, Zellstoff und Schaumstoff (Ohrenstöpsel) stehen euch zur Verfügung. Bearbeitet die Detailaufträge zu 2) auf Seite 8.



Lärm mindern

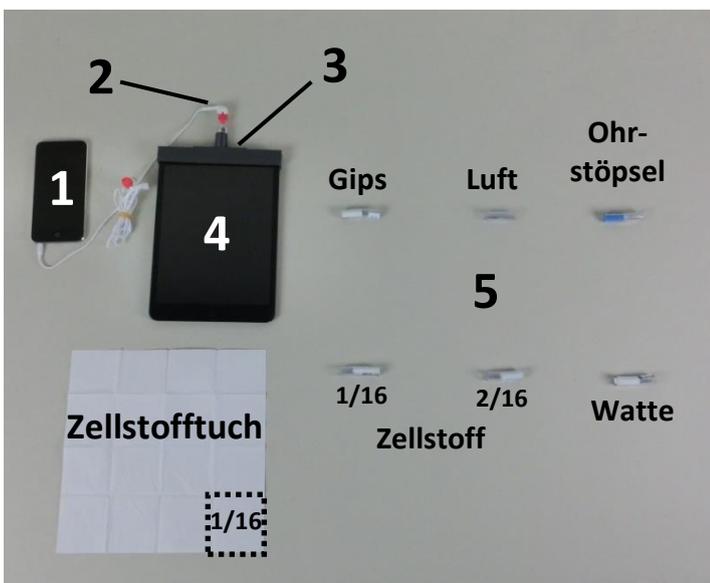


- In dieser Station steht euch ein zusätzliches iPad zur Verfügung. Das Tablet verbleibt an dieser Station!
- Die restlichen benötigten Materialien entnehmt Ihr den Abbildungen 6.1 und 6.2.



- 1 iPod als Tongenerator
- 2 Kopfhörer mit Ohrpolster + kurzes Schlauchstück
- 3 Schallverteiler
- 4 zwei längere Schläuche
- 5 zwei Tablet-Adapter
- 6 zwei Tablets als Pegelmesser
- 7 CD-Hüllen als Schallschutzwand

Abb. 6.1 Materialien und Aufbau für den ersten Versuchsteil der Station „Lärm mindern“.



- 1 iPod als Tongenerator
- 2 Kopfhörer mit Ohrpolster + Schlauchstück mit Dämmstoff
- 3 Tablet-Adapter
- 4 Tablet als Pegelmesser
- 5 sechs kurze Schlauchstücke mit verschiedenen Dämmstoffen

Abb. 6.2 Materialien und Aufbau für den zweiten Versuchsteil der Station „Lärm mindern“.

Lärm mindern

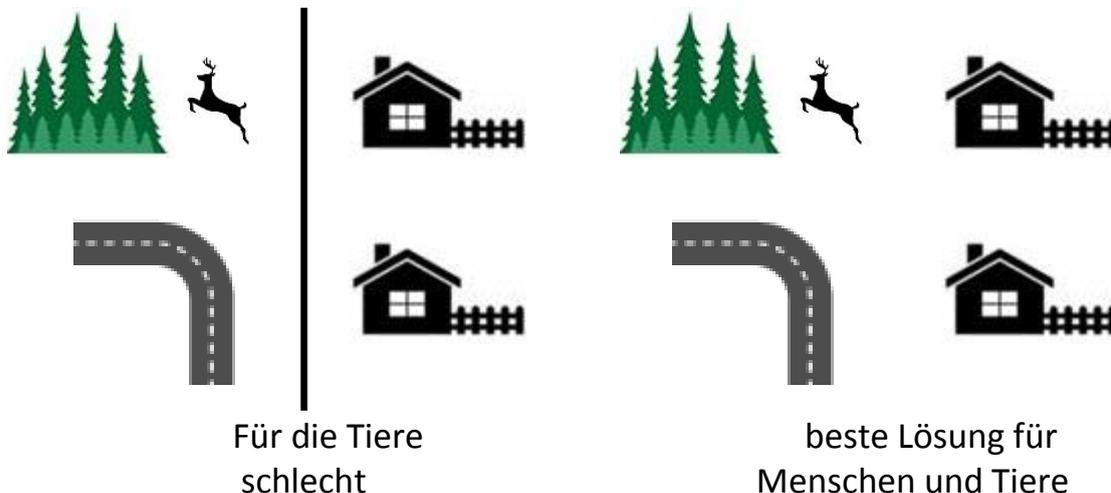


Detailauftrag zu 1)

- Diskutiert untereinander, wie der in Abb. 6.1 gezeigte Versuchsaufbau die Problemsituation der Debatte modellieren kann. Besprecht eure Lösung mit dem Betreuer.
- Zeigt mit dem Modellexperiment, dass durch den in der Debatte gemachten Vorschlag die Anwohner vor der Schallbelastung nun besser geschützt sind.
- Der Vertreter des Bundesumweltamtes war aber am Ende gar nicht begeistert von dem Vorschlag. Aber warum eigentlich? Prüft auch das im Experiment nach und ergänzt den Satz, des Vertreters mit eigenen Worten.

Der Vorschlag ist unverantwortlich, denn

- Skizziere in die linke Grafik, warum der erste Vorschlag für die Tiere eine schlechte Lösung darstellt. Zeichne in die rechte Skizze eine bessere Lösung ein und überprüfe sie im Modellexperiment.



Lärm mindern



Detailauftrag zu 2)

➤ Wie gut dämmen die Materialien den Schall ab? Schätzt eine Reihenfolge in der mittleren Spalte **ohne zu messen**. Luft ist natürlich am schlechtesten. Die 1 ist daher schon in der Tabelle eingetragen.

Materialien		Reihenfolge Schätzung	Schallpegel in dB (Messwert)	Korrekte Reihenfolge
Gips	G			
Luft (nichts)	L	1		
Ohrenstöpsel blau	Stö			
Watte	W			
Zellstoff 1/16	Z1			
Zellstoff 2/16	Z2			

➤ Stellt im Tongenerator **ein ziemlich lautes Rauschen ein** und überprüft eure Reihenfolge im Experiment. Geht bei der Messung vor, wie in Abbildung 6.2 an einem Beispiel dargestellt. Was würdet Ihr euch am ehesten ins Ohr stecken?

Ich würde am ehesten benutzen, weil

Lärm vermeiden



Das Hören von Musik über Kopfhörer ist unter Jugendlichen aber auch Erwachsenen weit verbreitet. In Deutschland vertriebene MP3-Player dürfen dabei Musik *nicht lauter als 85 dB* wiedergeben. Ist der Schall so laut oder noch lauter, kommt es je nach Dauer der Einwirkung zu einer unwiderruflichen Schädigung des Gehöres.

Hier können wir **aktiven Schallschutz** betreiben: *Die Musik einfach leiser drehen und damit Lärm vermeiden.*



- **Ihr erlebt in dieser Station einen Schallpegel von 80dB.**
- **Ihr untersucht, wie laut Ihr mit euren MP3-Playern Musik hört.**



1) Hört euch alle Soundfiles unter „**Musik → Playlists → iNoise → Lärm mindern**“ nacheinander **über Kopfhörer** an. Nutzt den Splitter, damit alle gleichzeitig zuhören können.
Bearbeitet die Detailaufträge 1) auf Seite 11.



2) Verbindet das Tablet mit dem **Lautsprecher**.
Stellt die Lautstärke von „**Regenfahrt**“ so ein, dass Ihr **in 1m Entfernung** einen mittleren Schallpegel **zwischen 60 - 65 dB** messt. Messt den mittleren Schallpegel von den anderen Soundfiles aus 1).
Bearbeitet den Detailauftrag 2) auf Seite 11.



3) In Deutschland vertriebene MP3-Player sollten Musik über Kopfhörer **nicht lauter als 85 dB** wiedergeben. Wie laut hört Ihr eure Musik? Und zu welchem Schallpegel ist euer eigenes Gerät fähig?
Bearbeitet die Detailaufträge auf Seite 12



Lärm vermeiden



- 1 iPod und 1 Tablet
- Pro Gruppenmitglied 1 Kopfhörer
- 1 Kopfhörer-Splitter
- 1 Lautsprecher
- Pro Gruppenmitglied 1 Gehörschutz
- Diverse Soundfiles auf dem Tablet oder iPod

Aufbau zu Auftrag 1) siehe Seite 2, Abbildung 2.1.

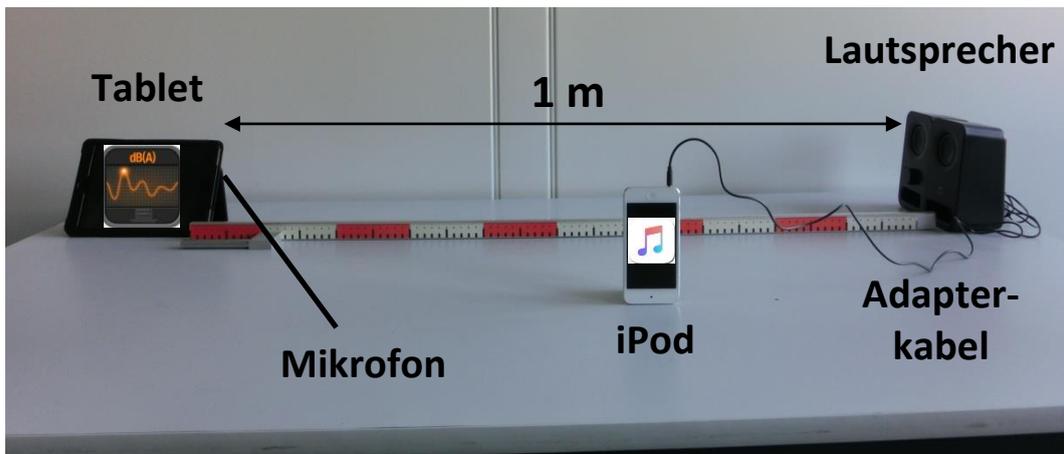


Abb. 10.1: Versuchsaufbau zu Auftrag 2)

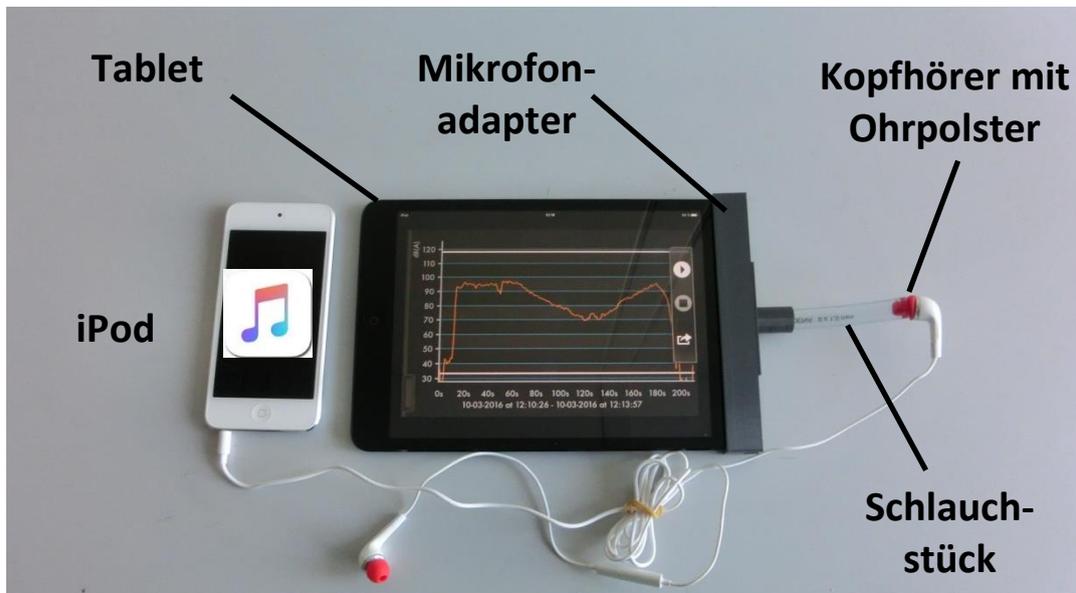


Abb. 10.2: Versuchsaufbau zu Auftrag 3)

Lärm vermeiden



Detailaufträge zu 1)

Die Soundfiles wurden alle an einem verregneten Nachmittag beim Autofahren aufgenommen. Einmal wurde gar keine Musik gespielt und man hört nur Fahrgeräusche („Regenfahrt“). Dann wurde ein Musikstück angehört. Und zwar wurde der Lautstärkeregler nach und nach erhöht (Volume 15, 30 und 45 von maximal 60.)

Nehmt an, das Soundfile „Regenfahrt“, habe eine Lautstärke von X dB (z.B. $X = 65$).

- Schätzt, wie laut die anderen Soundfiles im Vergleich dazu sind ($X + 10$ dB würde bedeuten, dass Ihr denkt, dass ein Soundfile um 10 dB lauter ist).
- Tragt eure **Schätzwerte** in die untere Tabelle **links** ein.

	Schätzwerte im Vergleich zu „Regenfahrt“ in dB	Messwerte in dB	Messwerte im Vergleich zu „Regenfahrt“ in dB
Regen-fahrt	X		X
Foxy Lady 15	$X +$		$X +$
Foxy Lady 30			
Foxy Lady 45			



Detailaufträge zu 2)

- Tragt in die mittlere Spalte eure Messdaten ein und ergänzt die rechte Spalte.
- Habt Ihr gut geschätzt oder seid Ihr über einige Messergebnisse überrascht? Womit hättet Ihr eventuell nicht gerechnet?

Lärm vermeiden



Detailaufträge zu 3)

Öffnet in der App Noise den Pegelgraphen, indem Ihr das **Tablet im Querformat** haltet. (Abb. 12.1). In diesem Diagramm wird der Schallpegel über die Zeit aufgetragen.

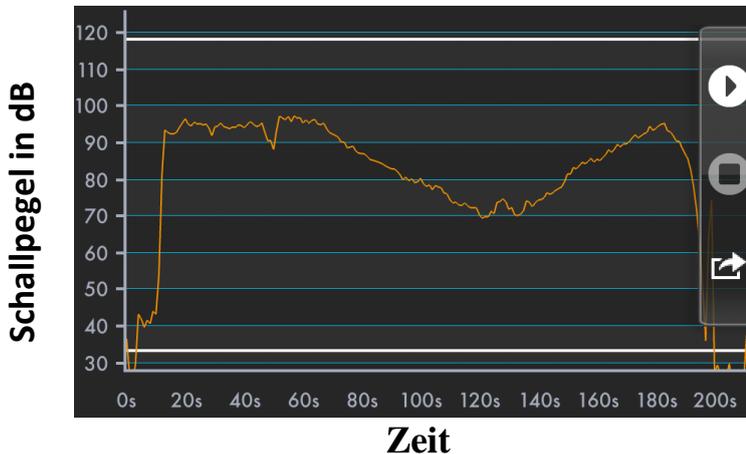


Abb. 12.1

Das Stück (Punkrock) erreicht bei „voller Pulle“ Pegel über 90 dB! Dein hält das Ohr nicht lange aus.

- Sucht euch aus Eurer persönlichen Musikliste euer Lieblingsstück heraus und hört es zunächst, so wie Ihr es normalerweise anhören würdet („normal laut“).
- Nehmt von diesem Musikstück bei dieser „normalen Lautstärke“ das Pegeldiagramm auf. **Bestimmt den minimalen und den maximalen Pegelwert** (Pegelspitze) und übertragt es in die unten stehende Tabelle.



ACHTUNG! Steckt die Kopfhörer beim nächsten Versuch nicht mehr in die Ohren!

- Wiederholt den Versuch. Schaltet die Lautstärke eures MP3-Players oder Smartphones diesmal aber auf „volle Pulle“.

Titel des Musikstück										
	„normal laut“ (euer Empfinden)					„volle Pulle“				
Pegelbereich										

Lärmkarte der TU



Lärm macht krank! Als Minimalziel gilt, dass der durchschnittliche Schallpegel *außerhalb von Wohnungen am Tage 65 dB nicht übersteigen* sollte. In vielen großen Städten Deutschlands ist diese Richtlinie aber nicht erfüllt. Tausende Menschen sind zum Beispiel durch Flug-, Schienen- oder Straßenverkehrslärm dauerhaft belästigt.



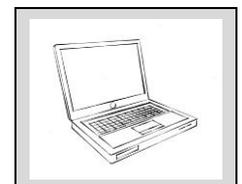
- **Diese Station könnt Ihr nur als Klasse gemeinsam lösen. Ziel dieser Station ist es vom Gelände der TU eine Lärmkarte zu erstellen.**
- **Im Verlauf der Station werdet Ihr ein besseres Gefühl für alltägliche Schallpegel entwickeln.**



- 1) Zieht aus dem Losbeutel eine Farbe. Diese Farbe bestimmt, an welchen Orten Ihr auf dem Gelände der TU den mittleren Schallpegel ermitteln sollt.
Mehr Hinweise findet Ihr auf Seite 14 bis 16.



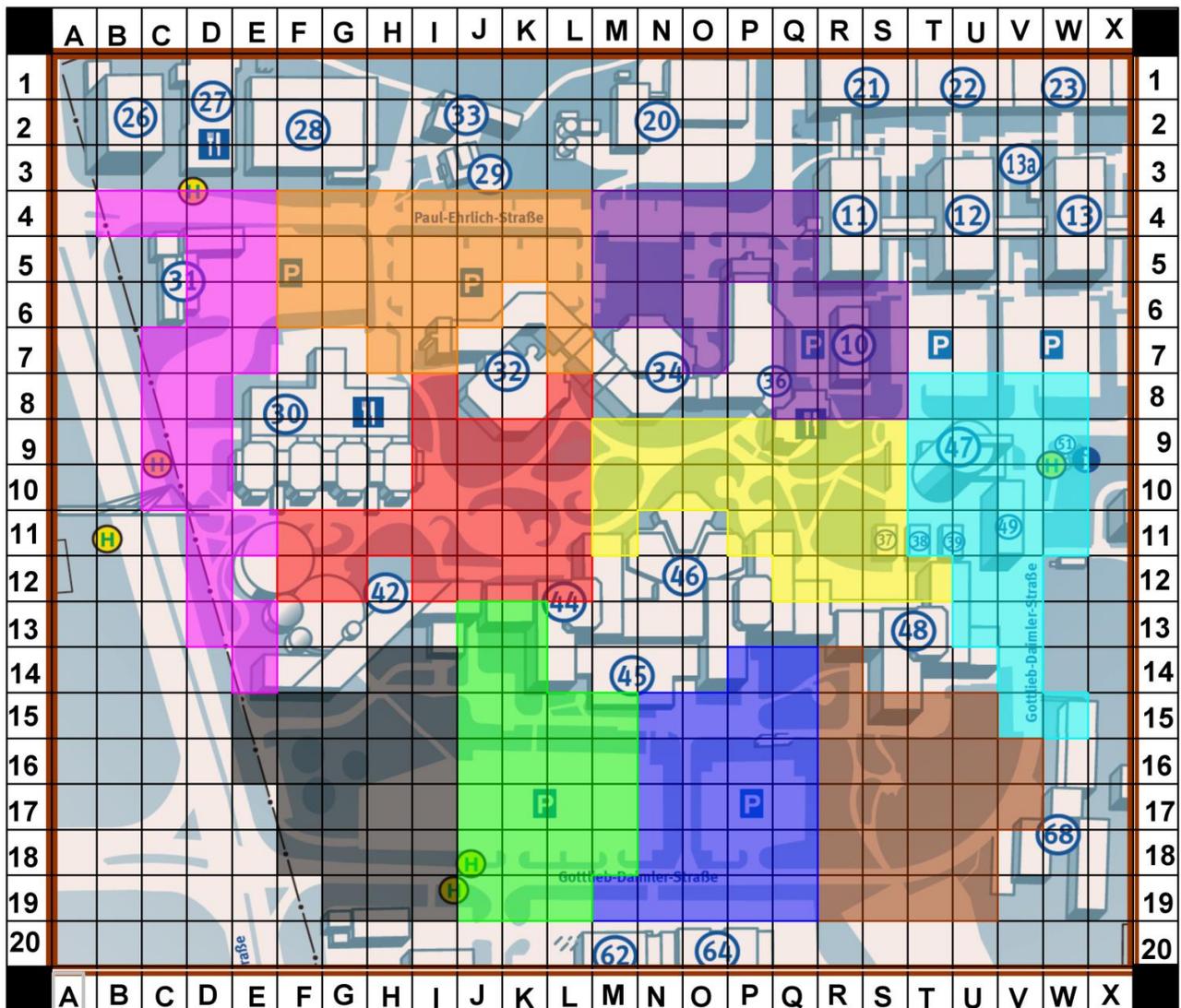
- 2) Nach erfolgreicher Messung müsst Ihr eure Messdaten in den dafür vorgesehenen Laptop eintragen. Erst, wenn alle Gruppen Ihre Daten eingetragen haben, erhält man einen Eindruck von der Lautstärkeverteilung an der TU.



Lärmkarte der TU



- 1 Tablet
- 1 Windschutz



Lärmkarte der TU



Detailaufträge zu 1)

- Messt an den entsprechenden Stellen den mittleren Schallpegel und tragt diesen in die Tabelle ein. **Rundet auf ganze Zahlen.**
- Gibt an einer Messstelle eine Besonderheit? Dann dokumentiert dies in der dritten Spalte. Fällt euch nichts Besonderes auf, so braucht Ihr hier auch nichts einzutragen.

Feldnummer (z.B. X14)	Mittlerer Schallpegel (90 s Messzeit)	Besonderheiten/ Bemerkungen



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
Projektnr. 31993

www.dbu.de

iAtmosphäre

Smartphonegesteuertes Feinstaubmessgerät

Durchführung



Leistungselektronik

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
Projektnr. 31993

www.dbu.de



Hinweise zum Heftaufbau:

Auf den ersten Seiten einer neuen Station werden zunächst deren Sinn und Zweck und anschließend die Arbeitsaufträge kurz aufgeführt. Die genaue experimentelle Durchführung wird separat in den jeweiligen Kapiteln im hinteren Teil der Unterlagen beschrieben. Fett gedruckte Bezeichnungen werden im Glossar erläutert.

Symbolerläuterungen:



Das Glühbirnen-Symbol zeigt einen Theorie-Input an. Hier werden neue Begriffe eingeführt oder neue Inhalte aufgezeigt.



Das Haus-Symbol gibt Hinweise für weitere Experimente oder Recherchen, die zusätzlich außerhalb des Labors durchgeführt werden können.



Einleitung

In diesem Booklet finden Sie eine Anleitung für das smartphonegesteuerte Feinstaubmessgerät. Die Durchführung der Versuche gliedert sich in zwei Stationen, die in einer systematischen Abfolge strukturiert sind. Die Arbeitsaufträge der einzelnen Stationen können optimal von Schülerinnen und Schülern in Gruppen von zwei bis drei Personen durchgeführt werden.

Station 1 – Funktionsprinzip Feinstaubmessgerät

Station 2 – Messung mit dem Feinstaubmessgerät



Station 1

Funktionsprinzip Feinstaubmessgerät

Das smartphonegesteuerte Feinstaubmessgerät arbeitet auf Basis eines optischen Sensors. Bei der Station 1 geht es darum das Sensorprinzip zu verstehen.

Arbeitsaufträge

Montieren Sie den Photowiderstand auf dem Steckbrett und schließen Sie jeweils Leitungen an die 4mm-Buchsen an. Messen Sie den Widerstandswert des Photowiderstandes. Stellen Sie fest wie sich der Widerstandswert bei Verändern der Lichtverhältnisse ändert.

Die einzelnen Reihen und Spalten auf dem Steckbrett sind wie in Bild 1 gezeigt verbunden.



iAtmosphäre

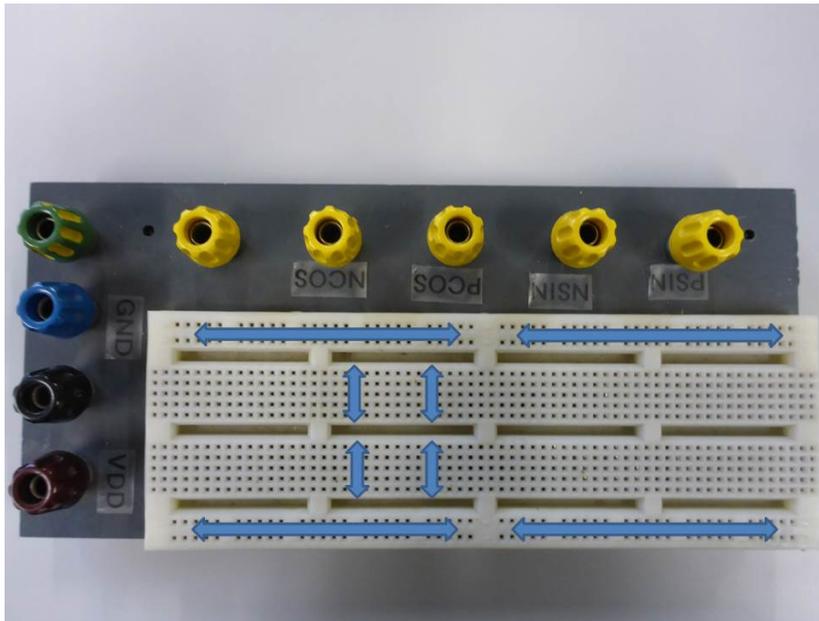


Bild 1: Steckbrett

Photowiderstand:

- lichtabhängiger Widerstand
- LDR: Light Dependent Resistor



Berechnen Sie den Vorwiderstand für die Leuchtdiode wenn die Schaltung mit einer Versorgungsspannung von 5 V betrieben wird und ein Strom von 5 mA durch die Leuchtdiode fließen soll.

Montieren Sie die Leuchtdiode und den Vorwiderstand auf das Steckbrett und schließen Sie jeweils Leitungen an die 4mm-Buchsen an. Schließen Sie die Spannungsquelle an.

Nehmen Sie die Leuchtdiode in Betrieb.

Leuchtdiode:

- gepoltes Bauelement
- zwei verschieden lange Anschlüsse
- kurzer Anschluss: Kathode (-) („k“ wie kurz und Kathode)
- langer Anschluss: Anode (+)



iAtmosphäre

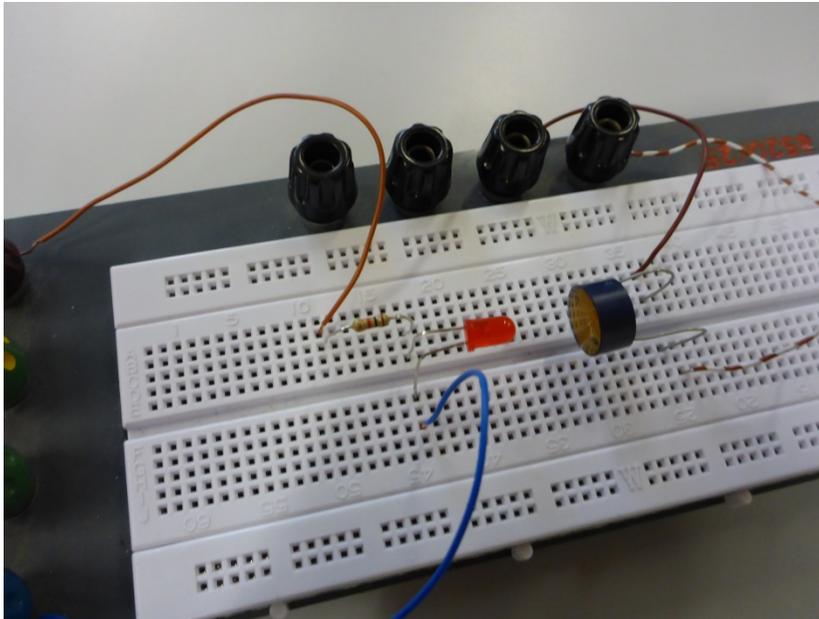


Bild 2: Aufbau Leuchtdiode und lichtabhängiger Widerstand

Stellen Sie fest wie sich der Widerstandswert des Photowiderstandes mit und ohne Leuchtdiode verhält.

Überlegen Sie wie Sie den Einfluss durch die Leuchtdiode verstärken können.



Decken Sie den Aufbau Leuchtdiode und Photowiderstand mit der gelben Kunststoffschachtel ab. Stellen Sie erneut fest wie sich der Widerstandswert des Photowiderstandes mit und ohne Leuchtdiode verhält.

Untersuchen Sie das Verhalten wenn Sie die beiden Schlitze in der gelben Kunststoffschachtel abdecken.

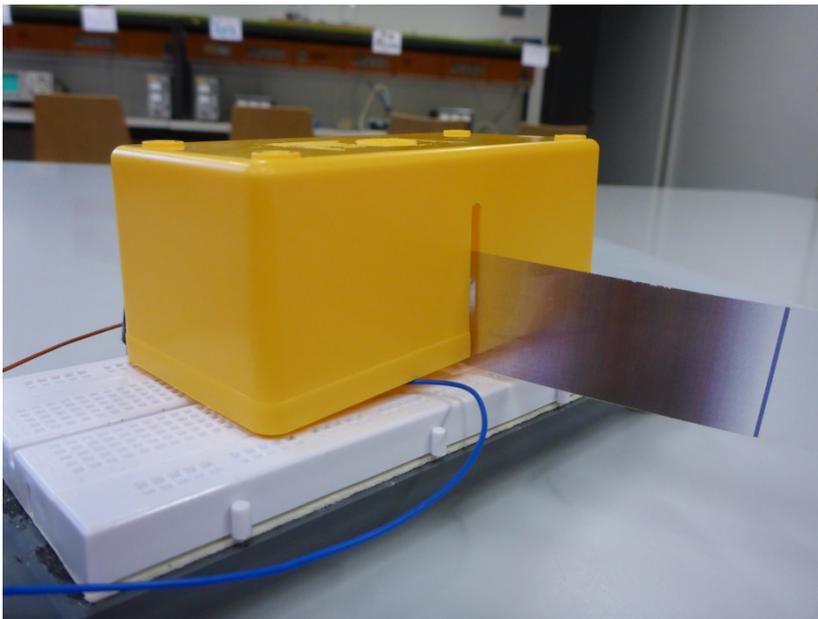


Bild 3: Messung mit „Feinstaubsimulator“



iAtmosphäre

Bestimmen Sie den „Offset“ der Schaltung.

Für die nächste Messung nutzen Sie die Streifen mit den verschiedenen Grau-Mustern („Feinstaubsimulator“). Die Streifen werden durch die Schlitze in der gelben Kunststoffbox geschoben. Messen Sie im 5mm-Raster den Widerstandswert des Photowiderstands. Zeichnen Sie die Ergebnisse als Graph und vergleichen Sie die Kurve mit dem Grau-Muster. Diskutieren Sie den Vergleich.



Station 2

Messung mit dem Feinstaubmessgerät

Funktionsprinzip

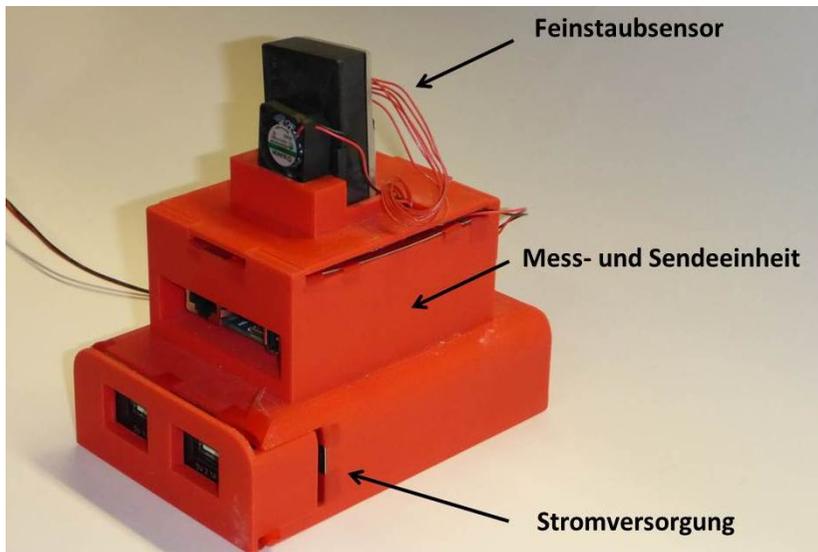


Bild 4: Feinstaubmessgerät

Der eigentliche Feinstaubsensor funktioniert im Prinzip wie das vorhin gebaute Modell. Der Unterschied besteht darin, dass



iAtmosphäre

der Sensor mit einer Infrarot-Leuchtdiode als Lichtsender und einer Photodiode als Lichtempfänger arbeitet. Die Infrarot-Leuchtdiode wird von einem Mikrocontroller so angesteuert, dass sie mit einem definierten Pulsmuster Licht aussendet.

Pulse-driven wave form

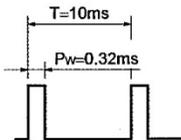


Bild 5: Muster Lichtpulse (Quelle: Datenblatt Sharp GP2Y1010AU0F)

Der Lichtempfang wird im Sensor in eine analoge Größe umgerechnet. Dabei entspricht eine Ausgangsspannung von 3,6 V einer Feinstaubbelastung von $0,5 \text{ mg/m}^3$.

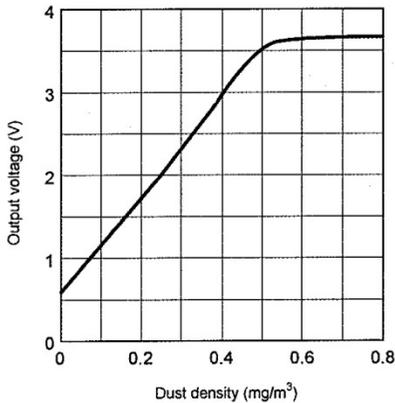


Bild 6: Ausgangskennlinie des Sensors

Mit dem im Mikrocontroller eingebauten Analog-Digital-Umsetzer wird das Ausgangssignal digitalisiert. Die Digitalisierung ermöglicht die Speicherung in Bytes. Auch für die Datenübertragung per WLAN sind digitalisierte Daten notwendig.



iAtmosphäre

Stichpunkte:

- Lichtsender: Infrarot-Leuchtdiode
Lichtempfänger: Photodiode
- Sensor: Analoge Ausgangsgröße
- Digitalisierung mit Analog-Digital-Umsetzer

Durchführung von Messungen

Arbeitsaufträge

Vor der Messung mit dem Feinstaubmessgerät sind geeignete Orte mit Feinstaubbelastung zu suchen. Das könnte z. B. ein Kraftfahrzeug beim Anlassvorgang und im Betrieb oder Baustaub auf einer Baustelle sein.

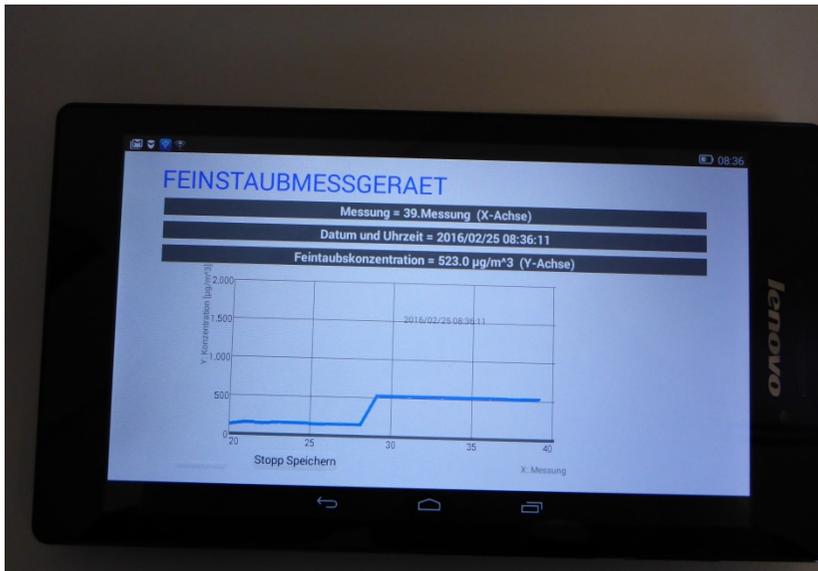


Bild 7: Feinstaub-App

Mit der auf dem Tablet installierten Feinstaub-App lassen sich die Daten graphisch darstellen und für eine weitere Bearbeitung speichern.



Materialien

- Steckbrett
- Steckbrettdraht
- Leuchtdiode
- lichtabhängiger Widerstand
- gelbe Abdeckbox
- Streifen zur Feinstaubsimulation
- Multimeter (Messgerät)
- Feinstaubmessgerät
- Tablet

*i*Atmosphere

Smartphone-Photometer zur Schwermetallmessung
in Gewässerproben mittels Bioassay

Durchführung



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
Projektnr. 31993

www.dbu.de



Hinweise zum Heftaufbau:

Auf den ersten Seiten einer neuen Station werden zunächst deren Sinn und Zweck und anschließend die Arbeitsaufträge kurz aufgeführt. Die genaue experimentelle Durchführung wird separat in den jeweiligen Kapiteln im hinteren Teil der Unterlagen beschrieben. Fett gedruckte Bezeichnungen werden im Glossar erläutert.

Symbolerläuterungen:



Das Glühbirnen-Symbol zeigt einen Theorie-Input an. Hier werden neue Begriffe eingeführt oder neue Inhalte aufgezeigt.



Das Haus-Symbol gibt Hinweise für weitere Experimente oder Recherchen, die zusätzlich außerhalb des Labors durchgeführt werden können.



Einleitung

In diesem Booklet finden Sie die detaillierte Anleitung zur Schwermetallmessung in Wasserproben mit dem Smartphone-Photometer in Kombination mit einem kolorimetrischen Bioassay. Die Durchführung der Versuche gliedert sich in drei Stationen, die in einer systematischen Abfolge strukturiert sind. Die Arbeitsaufträge der einzelnen Stationen können optimal von Schülerinnen und Schülern in Gruppen von zwei bis drei Personen durchgeführt werden.

Station 1 - Kalibrierung des Smartphone-Enzym-Assays

Station 2 - Bestimmung einer unbekannt Probe

Station 3 - Vergleich der Wirkung verschiedener Schwermetalle

Sicherheitshinweis: Schwermetalle sind potentiell gesundheitsschädlich. Tragen Sie bei der Versuchsdurchführung an allen Stationen unbedingt geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung.



Station 1 – Kalibrierung eines Bioassays



Jedes Messsystem muss vor der Benutzung kalibriert werden. Diese Station befasst sich mit der Kalibrierung des Bioassays am Smartphone-Photometer.

Arbeitsaufträge

Erstellen Sie eine Reihe von Kupfer(II)chloridlösungen als Standards für die Kalibrierung. Es werden sieben Lösungen im Konzentrationsbereich zwischen $0\ \mu\text{M}$ und $5,0\ \mu\text{M}$ benötigt ($0\ \mu\text{M}$, $2,0\ \mu\text{M}$, $3,0\ \mu\text{M}$, $3,5\ \mu\text{M}$, $3,8\ \mu\text{M}$, $4,0\ \mu\text{M}$ und $5,0\ \mu\text{M}$). Diese Reihe wird als **Kalibrierstandards** bezeichnet. Für den Standard mit $0\ \mu\text{M}$ Kupfer(II)chlorid verwenden Sie reines deionisiertes Wasser. Die weiteren benötigten Standards erhalten Sie durch Verdünnen der bereitgestellten Kupfer(II)chlorid-**Stammlösung** mit deionisiertem Wasser. Die Konzentration der Stammlösung beträgt $10\ \mu\text{M}$. Pro Standard wird ein Volumen von $1\ \text{mL}$ benötigt. Berechnen Sie, wie viele μL der Stammlösung Sie jeweils mit der entsprechenden Menge deionisiertem Wasser verdünnen müssen. Benutzen Sie zum Herstellen der Standards



iAtmosphäre

die Kolbenhubpipetten. Führen Sie die Messungen wie in Kapitel „Benutzung der App „Physics Toolbox Sensor Suite““ (Seite 9) und „Durchführung des Bioassays zur Schwermetallmessung“ (Seite 15) beschrieben durch. Verwenden Sie die generierten Messdaten wie in den Kapiteln „Auswerten der Messdaten“ (Seite 18) und „Erstellung und Verwendung der Kalibrierkurve“ (Seite 27) beschrieben.

Stichpunkte:

- Der Schwermetallnachweis erfolgt durch die Inhibierung des Enzyms Urease
- Eine Kalibrierung ist notwendig, um später unbekannte Konzentrationen bestimmen zu können
- Der Bioassay wird durch einen zugesetzten Indikator mit dem Smartphone vermessen

ACHTUNG: Sicherheitshinweise für Kupfer(II)chlorid



H: 302-315-319-410

P: 260-273-302+352-305+351+338



Station 2 - Bestimmung einer unbekannt

Probe



Die eigentliche Aufgabe des verwendeten Bioassays ist die Schwermetallmessung in Proben unbekannter Konzentration. Durch die in Station 1 vorgenommene Kalibrierung ist es möglich einer **Reaktionsgeschwindigkeit** im Assay eine Schwermetallkonzentration zuzuordnen. Die Zuordnungsfunktion ist die **Kalibriergerade** beziehungsweise die **Kalibrierfunktion**.

Arbeitsaufträge

Wählen Sie zwei Gefäße der unbekannt Proben aus und notieren Sie sich deren Nummer. Das experimentelle Vorgehen und die Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit sind identisch zur Erstellung der Kalibrierfunktion und sind in den Kapiteln „Durchführung des Bioassays zur Schwermetallmessung“ (Seite 15) und „Auswerten der Messdaten“ (Seite 18) beschrieben. Führen Sie jede Messung dreimal unter identischen Bedingungen aus. Die Kalibrierfunktion aus Station 1 stellt den Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentration und



iAtmosphäre

Reaktionsgeschwindigkeit im Assay dar. Verwenden Sie ihre Kalibrierfunktion um, anhand der gemessenen Reaktionsgeschwindigkeit, die Schwermetallkonzentration zu ermitteln.

Stichpunkte:

- Die Messung der unbekannt Probe erfolgt unter identischen Bedingungen wie die Messung der Kalibrierstandards.
- Anhand der Kalibrierfunktion kann die Schwermetallkonzentration durch die Reaktionsgeschwindigkeit berechnet werden



Station 3 - Vergleich der Wirkung verschiedener Schwermetalle



Unterschiedliche Schwermetalle zeigen eine unterschiedlich starke Affinität zu verschiedenen Enzymen. Auch die Beeinflussung der Enzymaktivität ist mehr oder weniger stark ausgeprägt. Da die Giftigkeit von Schwermetallen zu großen Teilen auf dieser Eigenschaft basiert ergeben sich damit auch Unterschiede in der **akuten Giftigkeit** verschiedener Schwermetalle.

Arbeitsaufträge

Erstellen Sie verschiedene Schwermetalllösungen mit Konzentrationen von $2,0 \mu\text{M}$ und $20 \mu\text{M}$ aus den bereitgestellten **Stammlösungen** und bestimmen Sie die Reaktionsgeschwindigkeiten im Bioassay in Anwesenheit der verschiedenen Schwermetalle. Verwenden Sie beispielsweise Kupfer(II)chlorid, Nickel(II)chlorid oder Silber(I)nitrat. Gehen Sie bei den Messungen nach den Vorgaben in den Kapiteln



iAtmosphäre

„Durchführung des Bioassays zur Schwermetallmessung“
(Seite 15) und „Auswerten der Messdaten“ (Seite 18) vor.

Stichpunkte:

- Unterschiedliche Schwermetalle haben eine unterschiedlich starke Wirkung auf Enzyme
- Auf Basis der Reaktion eines einzelnen Enzyms lässt sich die Wirkung auf komplexe Systeme nur abschätzen



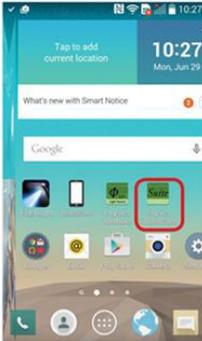
iAtmosphäre

Benutzung der App „Physics Toolbox Sensor Suite“

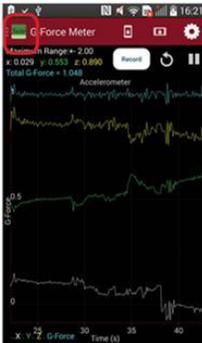
Im Folgenden wird die Benutzung der App „*Physics Toolbox Sensor Suite*“ in einzelnen Schritten erklärt. Nutzen Sie diese Schritte sowohl zur Erstellung der Messungen der Kalibrierung (Station 1) als auch zur Messung der unbekannt Probe (Station 2 und 3). Die Auswertung der erhobenen Messdaten erfolgt rechnergestützt mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms.



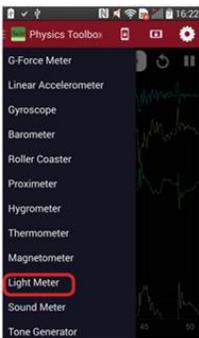
iAtmosphere



1. Starten Sie die App „Physics Toolbox Sensor Suite“.



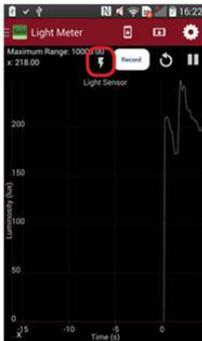
2. Mit der App können eine Vielzahl der Sensoren Ihres Smartphones ausgelesen werden. Öffnen Sie das Sensorauswahlmenü.



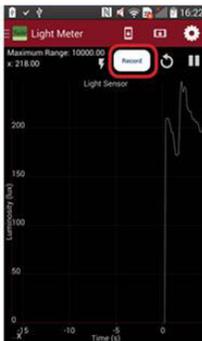
3. Wählen Sie im Sensorauswahlmenü den Lichtsensor (Light Meter) aus.



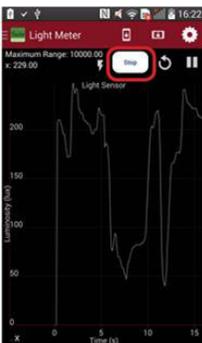
iAtmosphere



4. Nachdem Sie den Lichtsensor ausgewählt haben, ändert sich die Bildschirmanzeige. Schalten Sie die Blitzlicht-LED mit dem Blitzsymbol ein.



5. Nun ist das Photometer einsatzbereit. Stellen Sie die Küvette mit der zu messenden Probe in das Photometer und starten Sie die Aufnahme mit der *Record*-Schaltfläche. Eine der klaren Seiten der Küvette zeigen hierbei in Richtung des Smartphones.



6. Beenden Sie die Messung nach Abschluss der Enzymkinetik durch betätigen der *Stop*-Schaltfläche. (Dauer ca. 30 Sekunden)



iAtmosphere



7. Nachdem die Messung gestoppt wurde, öffnet sich automatisch die Namensabfrage der zu speichernden Datei.



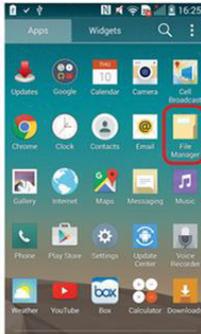
8. Um Verwechslungen zu vermeiden, benennen Sie die Datei eindeutig mit dem Namen der Verbindung und der Konzentration. Die Datei wird automatisch gespeichert.



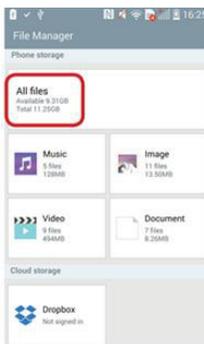
9. Nach Speicherung der Datei kann diese zusätzlich per Email versendet werden.



10. Die gespeicherte Datei finden Sie im Filemanager.



11. Wählen Sie im Filemanager die Schaltfläche „All files“ oder „Alle Dateien“.

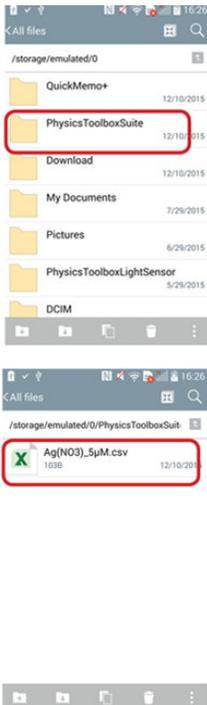


12. Wählen Sie den Unterordner „Internal storage“ beziehungsweise „Interner Speicher“.





iAtmosphere



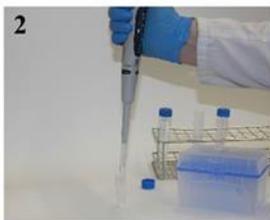
13. Hier befindet sich Ihre Aufzeichnung im Unterordner „PhysicsToolboxSuite“. Dieser Ordner wurde automatisch von der App angelegt.

14. Die Aufzeichnung wurde als csv-Datei hinterlegt und kann mit Tabellenkalkulationsprogrammen (z.B. Excel) weiterverarbeitet werden.



Durchführung des Bioassays zur Schwermetallmessung

Tragen Sie bei allen Arbeiten mit Schwermetallen und Schwermetalllösungen aus Sicherheitsgründen Nitrilhandschuhe! Versetzen Sie 0,11 mL der bereitgestellten

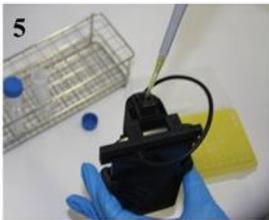


Enzymlösung, die $1,5 \mu\text{KAT}\cdot\text{mL}^{-1}$ Urease enthält, jeweils mit 0,88 mL eines Kalibrierstandards beziehungsweise der unbekannt Probe und inkubieren Sie die Lösungen für 30 Minuten bei Raumtemperatur. Beschriften Sie die Gefäße mit den jeweiligen Kupferionenkonzentrationen, um spätere Verwechslungen zu vermeiden (1).

Geben Sie nach den 30 Minuten jeweils 0,9 mL der mit Schwermetallen versetzten Enzymlösung in eine **Küvette** (2). Setzen



iAtmosphäre



Sie die Küvette und den entsprechenden Filter in das Smartphone-Photometer ein (3, 4). Starten Sie die Messung am Smartphone-Photometer. Hierfür müssen Sie die App „*Physics Toolbox Sensor Suite*“ starten. Die Bedienung der App ist im Kapitel Benutzung der App „*Physics Toolbox Sensor Suite*“ (Seite 9) erläutert. Der erste Messwert jeder Probe dient als Startwert der Reaktion.

Geben Sie 0,1 mL der bereitgestellten Substrat-/Indikatorlösung, die 1,0 M Harnstoff und 3,0 μM Phenolphthalein enthält, in die Küvette, in der sich die Enzym-/Schwermetalllösung befindet (5). Mischen Sie den Ansatz mit den Rührstäbchen gründlich (6). Der Inhalt der Küvette wechselt die Farbe von farblos zu Purpur, die **Extinktion** steigt deutlich an. Dies zeigt sich durch einen sichtbar abfallenden Messwert des Lichtsensors. Verfahren Sie im Anschluss mit den



iAtmosphäre

weiteren Standards beziehungsweise Proben genauso. Jeder Standard oder Probe muss in eine separate Küvette mit Enzymlösung + Substrat-/Indikatorlösung gegeben werden.



Auswerten der Messdaten

Die Auswertung der Messdaten des Smartphone-Photometers erfolgt am Computer. Im Folgenden wird die Auswertung der Daten mittels Tabellenkalkulationsprogramm beschrieben. Verwendet wurde das Programm *Excel*, die Nutzung beliebiger anderer Tabellenkalkulationsprogramme ist möglich. Bevor die Daten ausgewertet werden können, müssen sie vom Smartphone auf den Computer geladen werden. Wo Sie die aufgezeichneten Daten finden, ist im Abschnitt Benutzung der App „*Physics Toolbox Sensor Suite*“ beschrieben. Sowohl die Daten der Kalibrierstandards, als auch die Daten der unbekanntenen Proben werden in diesem Schritt gleich weiterverarbeitet.



	A	B	C	D	E
1	time	x			
2	4,335	1398			
3	5,146	1385			
4	5,338	1396			
5	7,508	1383			
6	8,289	1369			
7	8,795	1355			
8	9,189	1341			
9	9,493	1327			

1. Nach dem Öffnen der csv-Datei befinden sich in der Tabelle zwei Spalten. Die Spalten sind mit „time“ und „x“ bezeichnet. Vervollständigen Sie die Bezeichnung der Spalten mit der jeweiligen Einheit.



iAtmosphäre

	A	B	C	D	E	F
1	time	x				
2	4,335	1398	=LOG10(B2/1398)			
3	5,146	1385				
4	5,338	1396				
5	7,508	1383				
6	8,289	1369				
7	8,795	1355				
8	9,189	1341				
9	9,493	1327				
10	9,817	1312				

2. Als Sensorsignal wird die Lichtintensität aufgezeichnet (x). Zur Auswertung wird die Extinktion verwendet. Zur Umrechnung der Lichtintensität in Extinktion verwenden Sie das Lambert-Beersche-Gesetz ($E = -\log_{10}(I_0/I)$). Verwenden Sie als I_0 den Maximalwert des Sensorsignals.

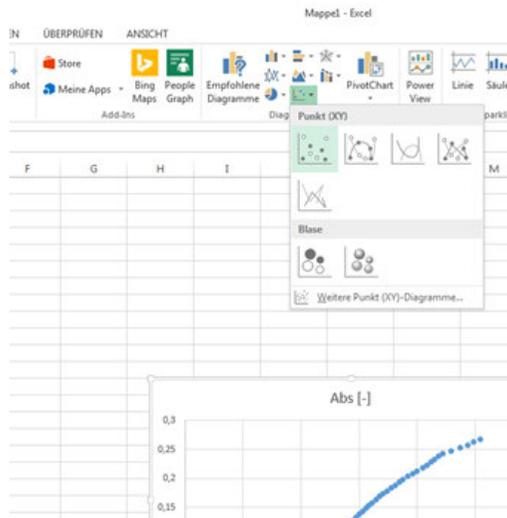


	A	B	C	D	E	F
1	time	x				
2	4,335	1398	0			
3	5,146	1385	0,0040574			
4	5,338	1396	0,00062175			
5	7,508	1383	0,00468499			
6	8,289	1369	0,00910372			
7	8,795	1355	0,01356788			
8	9,189	1341	0,01807839			
9	9,493	1327	0,02263625			
10	9,817	1312	0,02757334			
11	10,099	1297	0,0325672			

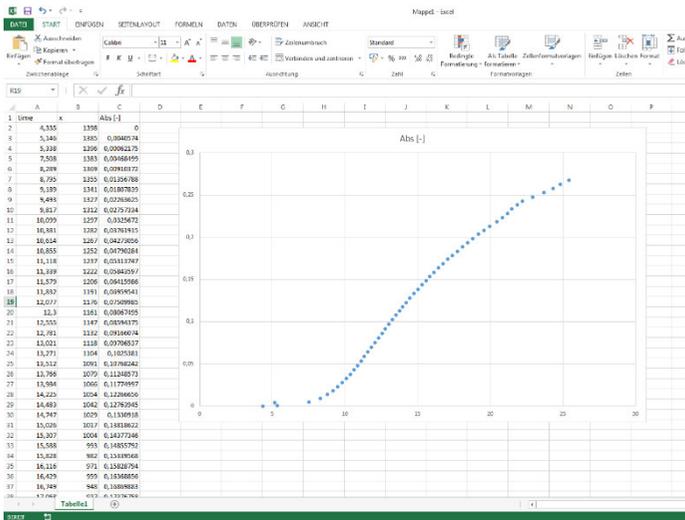
3. Führen Sie die Rechnung mit der gesamten Spalte (Spaltenname x) durch.



iAtmosphäre



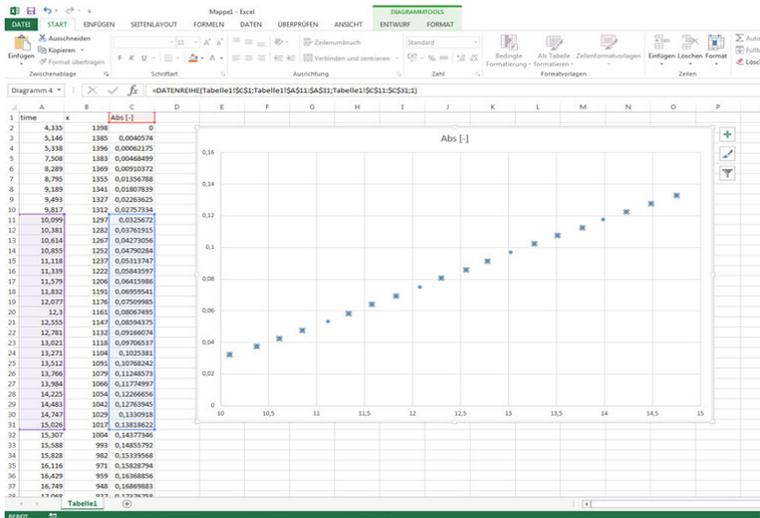
4. Nun können die Extinktionswerte sinnvoll grafisch dargestellt werden. Verwenden Sie zur grafischen Darstellung ein Punktdiagramm mit Auftragung der Zeit auf der Abszisse und der Extinktion auf der Ordinate.



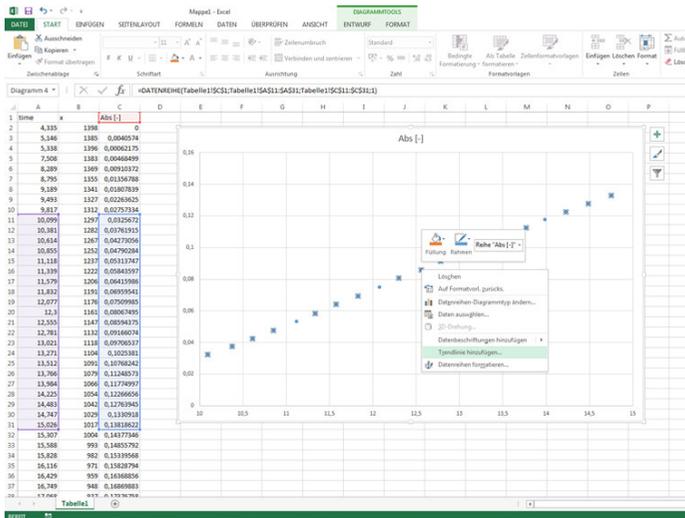
- Die Steigung der Kurve ist proportional zu der gesuchten Reaktionsgeschwindigkeit. Bei Untersuchung der Kurve fällt auf, dass die Geschwindigkeit nicht zu jedem Zeitpunkt identisch ist. Wählen Sie ein Intervall (ca. 5 Sekunden) in dem die maximale Geschwindigkeit vorliegt (hier zwischen 10 und 15 Sekunden).



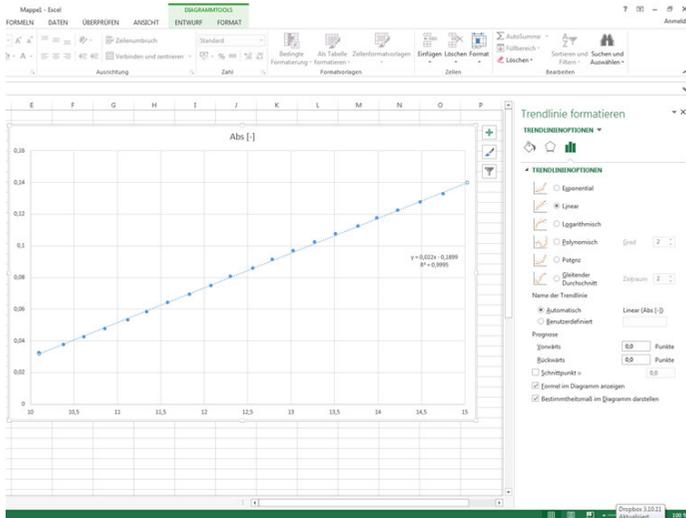
iAtmosphäre



6. Reduzieren Sie die Datenquelle der grafischen Darstellung auf den gewählten Intervallen. Wählen Sie dazu die Kurve im Diagramm mit der linken Maustaste an, die Datenquelle wird durch farbige Kästchen markiert. Die Kästchen können mit der Maus angepasst werden.



7. Der Verlauf der Extinktion kann im gewählten Intervall näherungsweise mit einer Geraden abgebildet werden. Fügen Sie eine lineare Trendlinie ein.



8. Als Trendlinien können verschiedene Funktionen gewählt werden, wählen Sie die Geradenfunktion aus. Lassen Sie zusätzlich die Geradenfunktion im Diagramm anzeigen. Die Steigung der Gerade entspricht einer einheitslosen Reaktionsgeschwindigkeit (Extinktion pro Sekunde bzw. s^{-1}). Diese Reaktionsgeschwindigkeit wird durch die Anwesenheit von Schwermetallen beeinflusst und ist die gesuchte Zwischengröße. Durch Vergleich mit den Kalibrierstandards kann in weiteren Schritten hieraus die Schwermetallkonzentration bestimmt werden.



iAtmosphäre

Erstellung und Verwendung der Kalibrierkurve

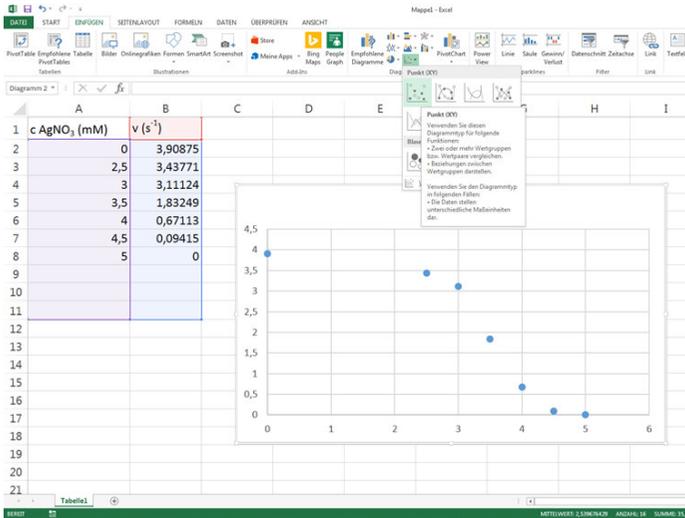
Die vorher bestimmte Reaktionsgeschwindigkeit muss zur Bestimmung der Schwermetallkonzentration in der unbekannt Probe mit einer Schwermetallkonzentration in Verbindung gebracht werden. Dieser Zusammenhang wird als Kalibriergerade oder Kalibrierkurve bezeichnet. Die Erstellung einer Kalibriergerade aus den Messwerten des Smartphone-Photometers wird im Folgenden schrittweise erklärt.



iAtmosphäre

	A	B	C
1	c AgNO ₃ (mM)	v (s ⁻¹)	
2	0	3,90875	
3	2,5	3,43771	
4	3	3,11124	
5	3,5	1,83249	
6	4	0,67113	
7	4,5	0,09415	
8	5	0	
9			
10			
11			
12			
13			

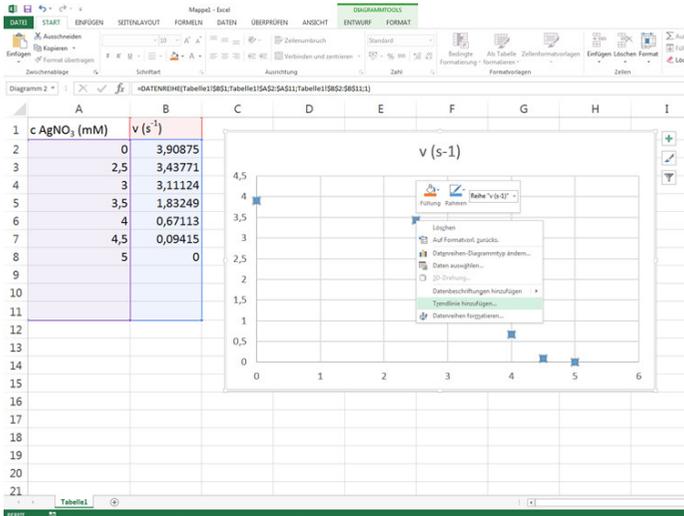
1. Tragen Sie die berechneten Reaktionsgeschwindigkeiten der Kalibrierstandards aus dem Kapitel „Auswerten der Messdaten“ zusammen mit den jeweiligen Konzentrationen in eine Tabelle ein.



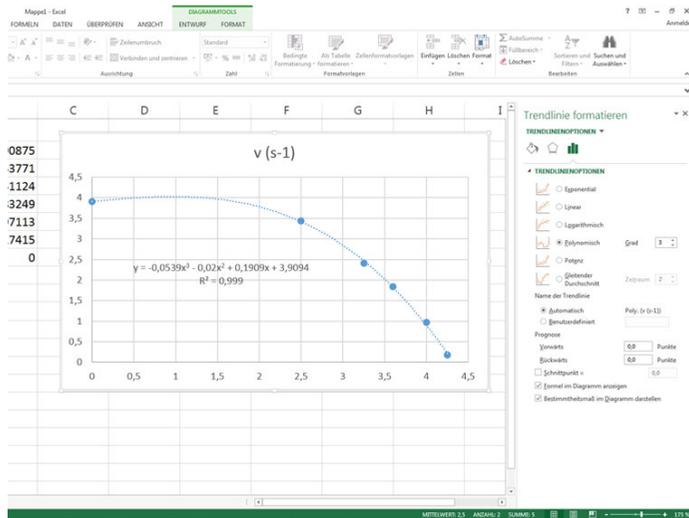
2. Stellen Sie die Reaktionsgeschwindigkeiten und die zugehörigen Schwermetallkonzentrationen sinnvoll grafisch dar. Verwenden Sie zur grafischen Darstellung ein Punktdiagramm mit Auftragung der Konzentration auf der Abszisse und der Reaktionsgeschwindigkeit auf der Ordinate.



iAtmosphäre



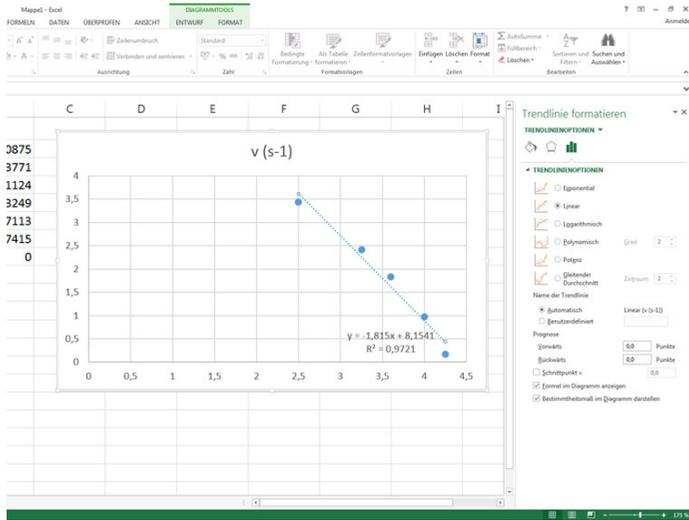
3. Fügen Sie eine Trendlinie ein und lassen Sie die entsprechende Gleichung im Diagramm anzeigen. Der Verlauf der Reaktionsgeschwindigkeiten ist nicht linear. Ihnen stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Verwenden Sie eine Kalibrierfunktion höherer Ordnung (4a.) oder grenzen Sie den Messbereich ein um einen linearen Zusammenhang zu erreichen (4b.).



- 4a. Der Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentration und Reaktionsgeschwindigkeit ist grundsätzlich logistischer Natur. In guter Näherung lässt sich dieser Zusammenhang mit einem Polynom dritten Grades wiedergeben. Wählen Sie als Trendlinie ein Polynom dritten Grades und lassen Sie die Funktion im Diagramm anzeigen.



iAtmosphäre



- 4b. Der Zusammenhang zwischen Schwermetallkonzentration und Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich mit reduziertem Messbereich durch eine Geradengleichung näherungsweise darstellen. Wählen Sie als Trendlinie eine Gerade und lassen Sie die Funktion im Diagramm anzeigen. Reduzieren Sie den betrachteten Konzentrationsbereich bis die Trendlinie den Verlauf annähernd wiedergibt.



Glossar

akute Giftigkeit	beschreibt die zeitlich begrenzte Giftigkeit einer Substanz bei einmaliger Aufnahme oder Exposition
Bioassay	standardisierte Testsysteme, um mittels biologischer Komponenten Stoffe nachzuweisen oder deren Giftigkeit/Potenz zu messen
Biosensoren	Sensoren, die mit Hilfe biologischer Komponenten Stoffe nachweisen oder Zustände detektieren. Die Reaktion von Biosensoren ist reversibel.
Emission	Austrag oder Ausstoß
Enzym	biologisches Molekül, das eine Reaktion katalysiert; Enzyme sind in der Regel Proteine.



iAtmosphäre

essentiell

wichtig, wesentlich, auch lebensnotwendig

essentielle Stoffkreisläufe

Essentielle Stoffkreisläufe beschreiben die Umwandlung und den globalen oder lokalen Transport von zentralen Komponenten wie Stickstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasser.

H- und P-Sätze

Gefährdungs- und Sicherheitshinweise vom Englischen *hazard and precautionary*.

Indikator

Indikatoren sind allgemein Hilfsmittel, die gewisse Informationen anzeigen sollen. Sie gestatten die Feststellung von Zuständen und die Verfolgung von Abläufen, indem sie das Erreichen oder Verlassen bestimmter Zustände anzeigen.



iAtmosphäre

Kalibrierfunktion	stellt einen Zusammenhang zwischen Sensorsignal und resultierenden Messwert dar
Kalibriergerade	stellt einen linearen Zusammenhang zwischen Sensorsignal und resultierenden Messwert dar (Sonderform der Kalibrierfunktion)
Kalibrierstandards	Substanzen oder Gegenstände mit exakt bekannter Ausprägung eines zu messenden Merkmals zur Einstellung von Messgeräten.
Photometer	Messgerät zur Bestimmung der Abschwächung von Licht beim Durchtritt durch eine Probe.
quantitativ	die Menge betreffend
Stammlösung	Lösung mit bekannter Konzentration einer oder mehrerer Komponenten zum Herstellen von Lösungen mit geringerer Konzentration.



iAtmosphäre

$\mu\text{KAT}\cdot\text{mL}^{-1}$

die Enzymkonzentration, die
1 μmol Substrat pro Sekunde in
einem mL Lösung umsetzt



Materialien

- Silber(I)nitratstammlösung
 - Silber(I)nitrat
 - deionisiertes Wasser
- Kupfer(II)chloridlösung
 - Kupfer(II)chlorid
 - dest. Wasser
- Nickel(II)chloridlösung
 - Nickel(II)chlorid
 - dest. Wasser
- Enzymlösung (Urease)
 - Urease
 - dest. Wasser
- Substrat/Indikatorlösung
 - Phenolphthalein
 - Urea
 - Ethanol
 - dest. Wasser



iAtmosphere

- Einweg-Reaktionsgefäße (2 mL)
- Einweg-Küvetten
- Einweg-Rührstäbchen
- Pipetten mit Einwegspitzen
- Smartphone-Photometer
- Smartphone mit der App *Physics Toolbox Sensor Suite*



Notizen



iAtmosphäre



Leiter der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. rer. nat. Roland Ulber

Tel.: +49 631 205 4044

Fax: +49 631 205-4312

E-Mail: ulber@mv.uni-kl.de



Koordination der LehrerInnen- und SchülerInnenangebote

Dipl.-Ing. (FH) Doris Geib

Tel.: +49 631 205 5443

Fax: +49 631 205-4312

E-Mail: geib@mv.uni-kl.de



Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik

Gottlieb-Daimler-Str. 49

67663 Kaiserslautern

iRadioactivity

Chancen und Risiken ionisierender Strahlung

Experimentierleitfaden

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
Projektnr. 31993

www.dbu.de



Hinweise zum Heftaufbau:

Der Experimentierleitfaden führt durch das Themenmodul iRadioactivity. Er beinhaltet alle Aufgabenstellungen und dient sowohl zum Datenaufschrieb, als auch zur schriftlichen Bearbeitung der unterschiedlichen Arbeitsaufträge.

Weiterhin finden sich Verweise auf entsprechende Zusatzmaterialien, welche zur Bearbeitung der Aufgaben herangezogen werden können.



iRadioactivity



Experiment 1

Das Abstandsgesetz



iRadioactivity

Sieht man sich einer großen Gefahr ausgesetzt, so versucht man meist sich möglichst weit davon zu entfernen. Hilft dieses intuitive Verhalten auch im Falle radioaktiver Strahlung, wie sie beispielsweise beim Reaktorunglück von Fukushima im Jahr 2011 freigesetzt wurde?



Abb. 1: Reaktorrüine Fukushima (oben) und Arbeiter in Schutzbekleidung (unten).

Und wären wir in Rheinland-Pfalz im Falle eines Reaktorunglückes im nahegelegenen französischen Atomkraftwerk Cattenom weit genug von diesem entfernt?

Forschungsfragen:

- I. Wie groß muss das Sperrgebiet rund um das Atomkraftwerk Fukushima sein, so dass die vorhandene Strahlung auf ein für Bewohner ungefährliches Maß zurückgegangen ist?
- II. Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für einen möglichen atomaren Unfall im nahegelegenen Atomkraftwerk Cattenom?



Zu Forschungsfrage I:

Klar ist: Die von radioaktiven Stoffen ausgehende Strahlung nimmt mit zunehmender Entfernung ab.

Unklar - jedoch für die Festlegung eines Sperrgebietes von entscheidender Bedeutung - ist hingegen: Lässt sich diese Abnahme vorhersagen?

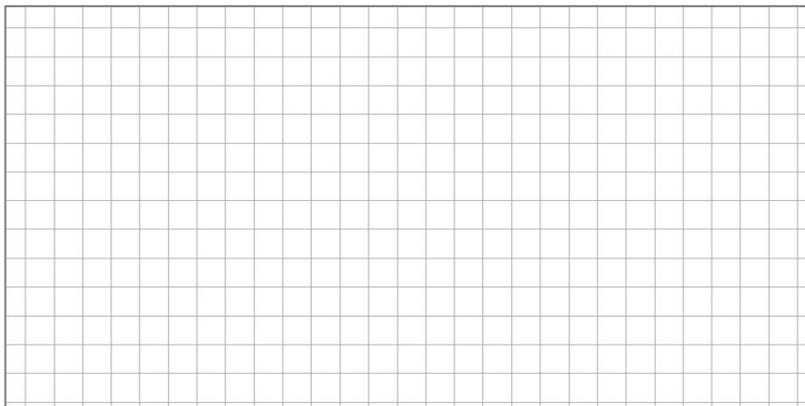
1. **Finden Sie experimentell anhand des β -Strahlers Sr-90 heraus, ob die entfernungsbedingte Abnahme der Strahlungsintensität eines radioaktiven Stoffes einem besonderen Zusammenhang unterliegt.**
 - a) Lesen Sie zunächst die Experimentieranleitung (\rightarrow M1) und führen Sie anschließend das Experiment durch.
Notieren Sie ihre Messdaten in Tab. 1.
 - b) Stellen Sie die gewonnenen Daten mit Hilfe von EXCEL in geeigneten Diagrammen dar und prüfen Sie, ob der Abnahme der Strahlungsintensität ein mathematisches Gesetz zugrunde liegt (\rightarrow M2, M3).
 - c) Bestimmen Sie die Abstandsgleichung für Sr-90 (\rightarrow M3).



iRadioactivity

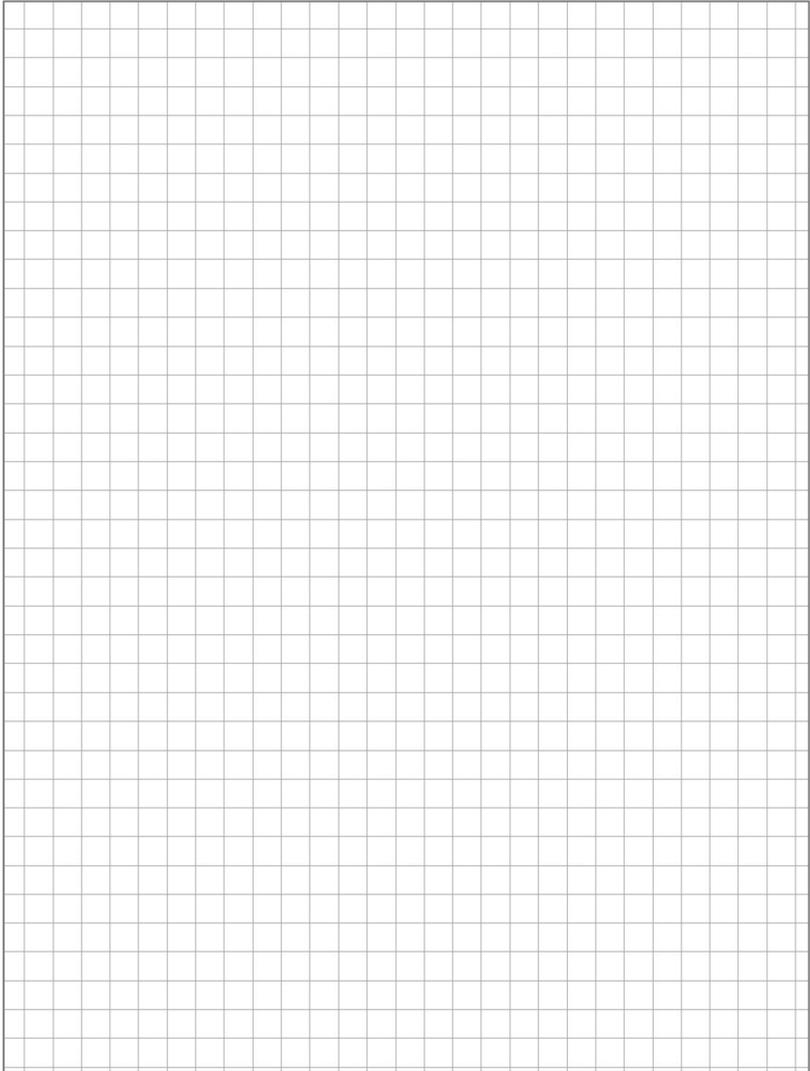
Abstand r [cm]	Zählrate n [min ⁻¹]	Nullratenbereinigte Zählrate N [min ⁻¹]	$\frac{1}{\sqrt{N(r)}}$

Tab. 1: Messdaten Abstandsgesetz





iRadioactivity





iRadioactivity

2. Bei dem Reaktorunfall von Fukushima wurden große Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt, wie beispielsweise Radium, Plutonium, Cäsium, Jod und Strontium. Wie weit müsste man sich vom Unfallort entfernen, bis die emittierte Strahlung auf das Niveau natürlicher Umgebungsstrahlung abgesunken ist?

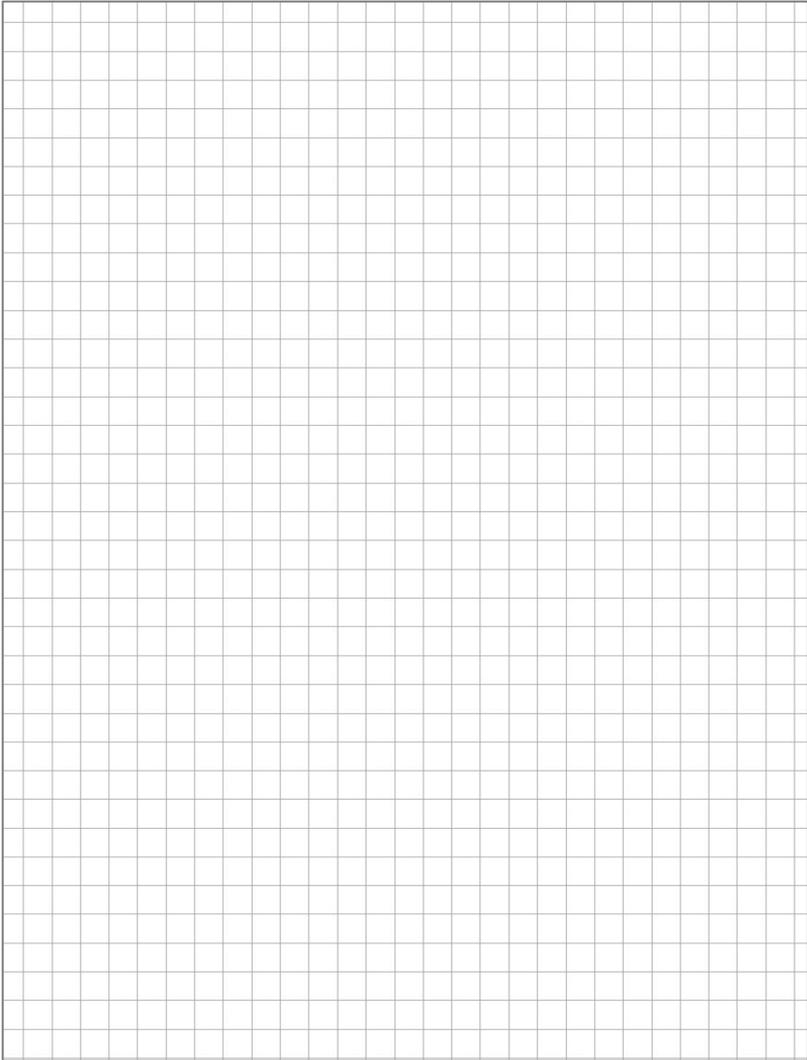
Stellen Sie für folgende Szenarien jeweils eigene Berechnungen eines nötigen Sperrgebietes an (→M4):

- a) Die gesamte Menge freigesetzten radioaktiven Materials besteht aus Sr-90 (β -Strahler).
- b) Die gesamte Menge freigesetzten radioaktiven Materials besteht aus Cäsium und Jod (γ -Strahler).





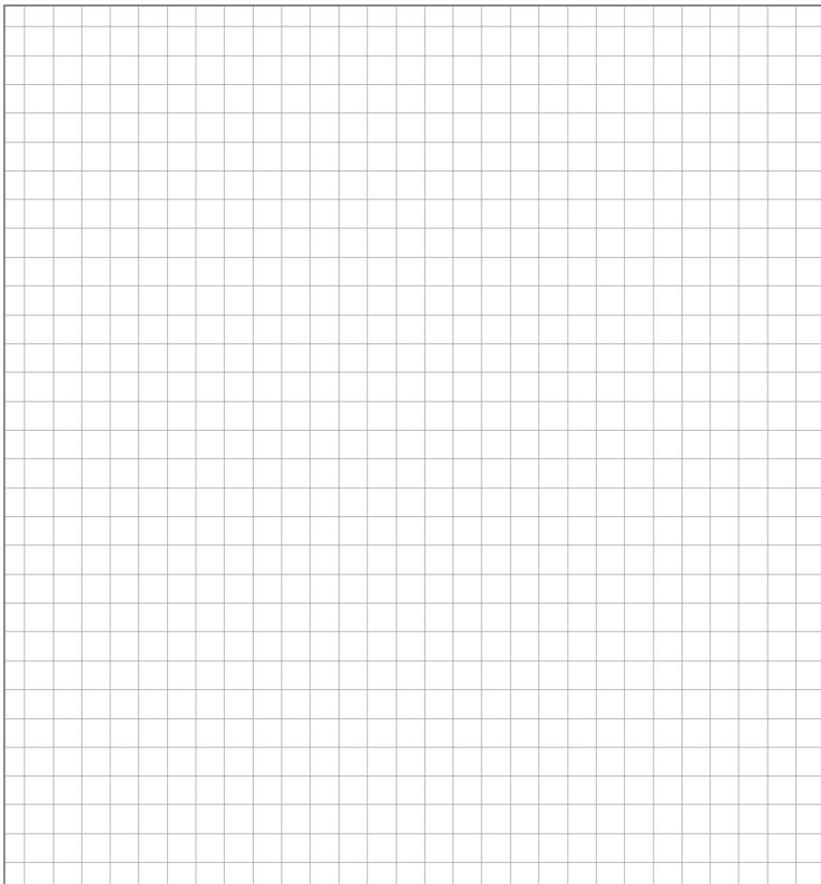
iRadioactivity





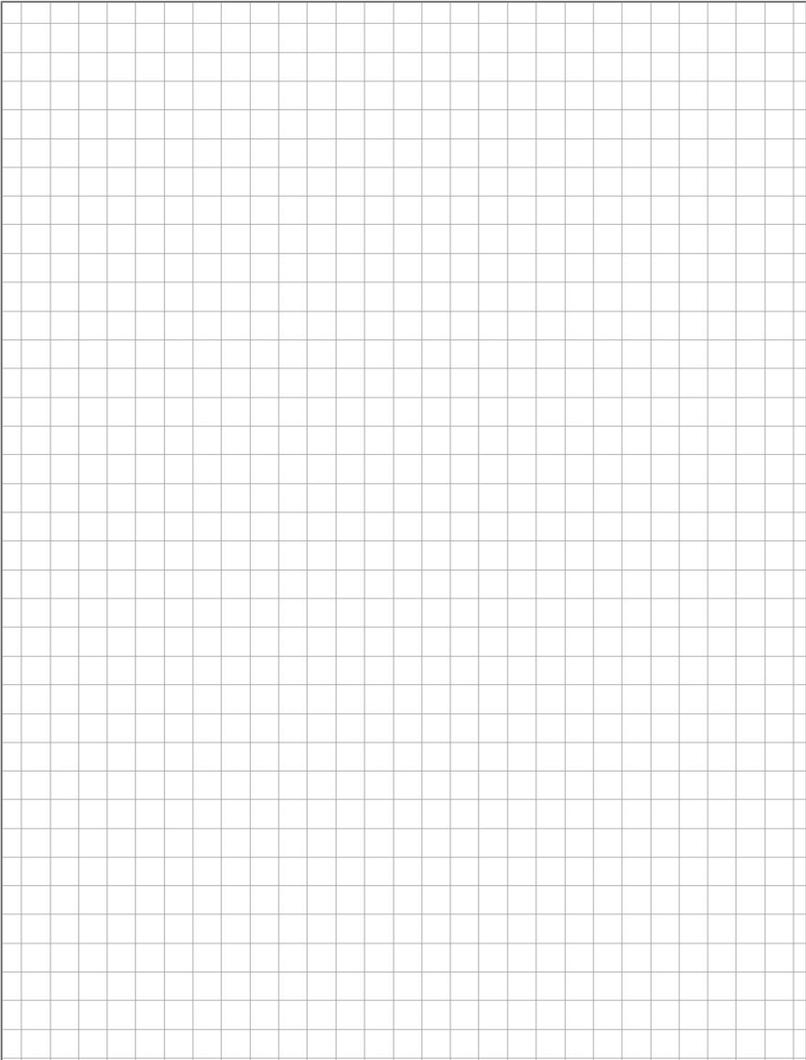
iRadioactivity

- Vergleichen Sie ihre Ergebnisse aus Aufgabe 2 mit dem tatsächlichen Sperrgebiet um Fukushima (\rightarrow M5.1). Begründen Sie Unterschiede aus physikalischer Sicht?**





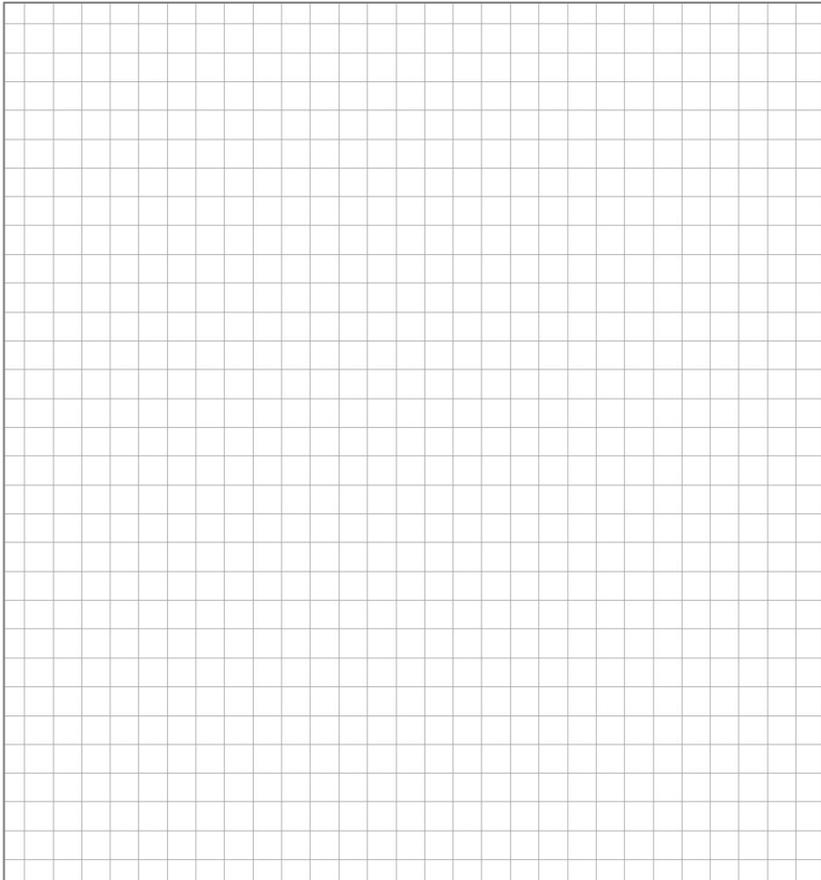
iRadioactivity





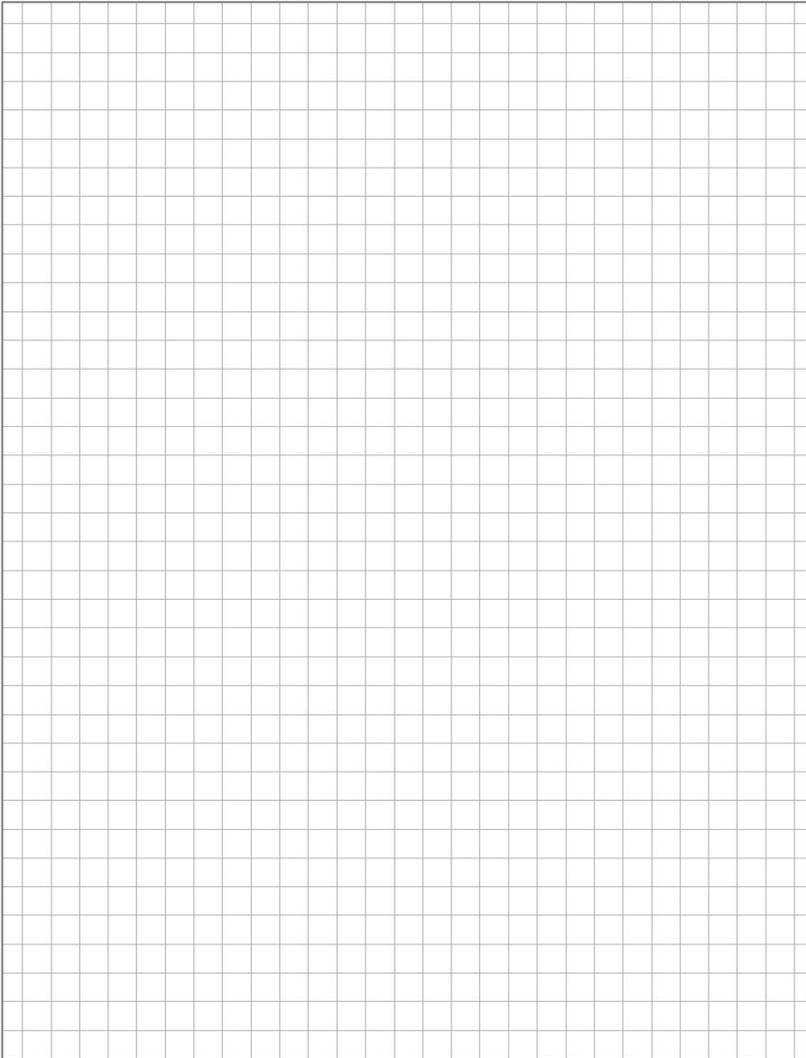
iRadioactivity

4. Um zu entscheiden, ob bzw. wie stark ein Gebiet radioaktiv belastet ist, wird die dort gemessene Strahlung mit entsprechenden Grenzwerten verglichen (→M5.2).
Wie werden diese Grenzwerte ermittelt?



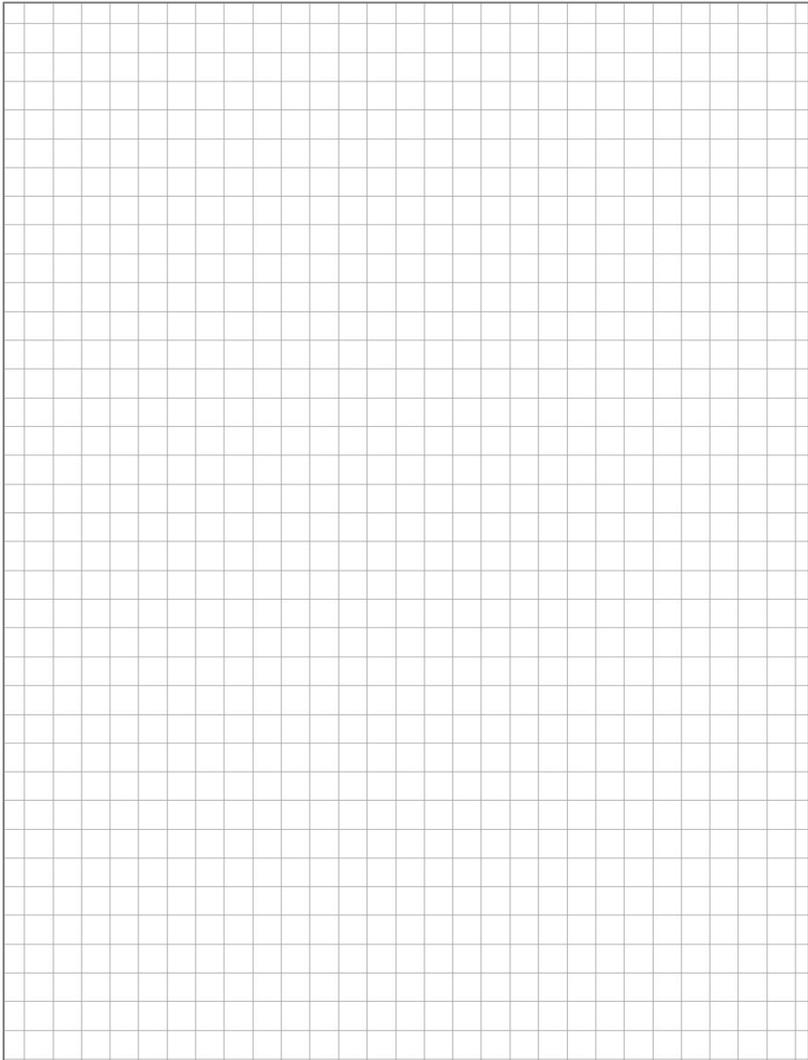


iRadioactivity





iRadioactivity





iRadioactivity



Experiment 2

Das Absorptionsgesetz



iRadioactivity

Anfang des 21. Jahrhunderts ist Hautkrebs die weltweit häufigste Form der Krebserkrankung. Als wichtigster Faktor für den Anstieg der Hautkarzinome wird die erhöhte UV-Lichteinstrahlung – z.B. durch ein verändertes Freizeitverhalten – angenommen. In einer Vielzahl unterschiedlicher Behandlungsmöglichkeiten stellt die Strahlentherapie eine wesentliche therapeutische Maßnahme in der kurativen (auf Heilung abzielenden) Behandlung von Hauttumoren dar. Dabei werden unter anderem β -Strahlen bzw. beschleunigte Elektronen von außen auf erkranktes Gewebe eingestrahlt.

Auf diese Art können Tumore zerstört und die Patienten dauerhaft geheilt werden. Aufgrund der begrenzten Reichweite von β -Strahlung in Gewebe, können allerdings nicht alle Tumorarten damit therapiert werden.



Abb. 3: Strahlentherapie

Forschungsfragen:

- I. Wie tief dürfen Hauttumore im Gewebe (unter der Haut) liegen, um noch wirksam mit β -Strahlung bestrahlt werden zu können?**



II. Können andere, tieferliegende Tumorarten dann überhaupt mittels Strahlentherapie behandelt werden?

Zu Forschungsfrage I:

Klar ist: Aufgrund von Absorptionsprozessen nimmt die Intensität radioaktiver Strahlung in Materie, und damit auch in menschlichem Gewebe, mit zunehmender Eindringtiefe ab.

Unklar - jedoch für die Tumorthherapie von entscheidender Bedeutung - ist hingegen: Lässt sich diese Abnahme vorhersagen?

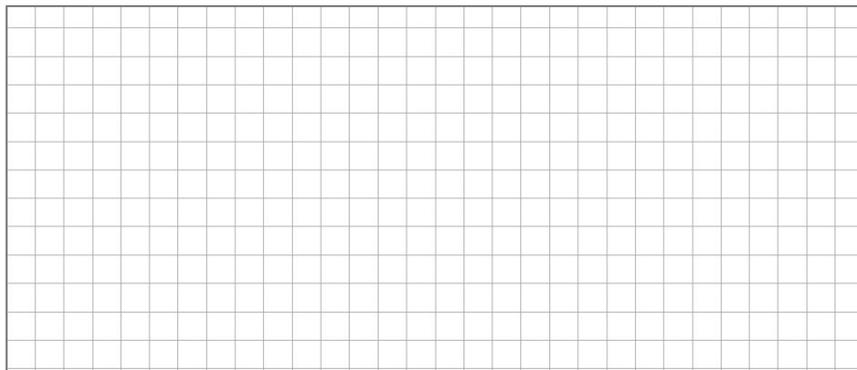
1. Finden Sie experimentell anhand des β -Strahlers Sr-90 heraus, ob die Absorption von β -Strahlung in Materie/menschlichem Gewebe einem besonderen Zusammenhang unterliegt.
 - a) Lesen Sie zunächst die Experimentieranleitung M1 und führen Sie anschließend das Experiment durch.
Notieren Sie ihre Messdaten in Tab. 2.
 - b) Stellen Sie die gewonnenen Daten mit Hilfe von EXCEL in geeigneten Diagrammen dar und prüfen Sie, ob der Abnahme der Strahlungsintensität ein mathematisches Gesetz zugrunde liegt (\rightarrow M2/M7).
 - c) Bestimmen Sie die Absorptionsgleichung von Sr-90 (\rightarrow M7).



iRadioactivity

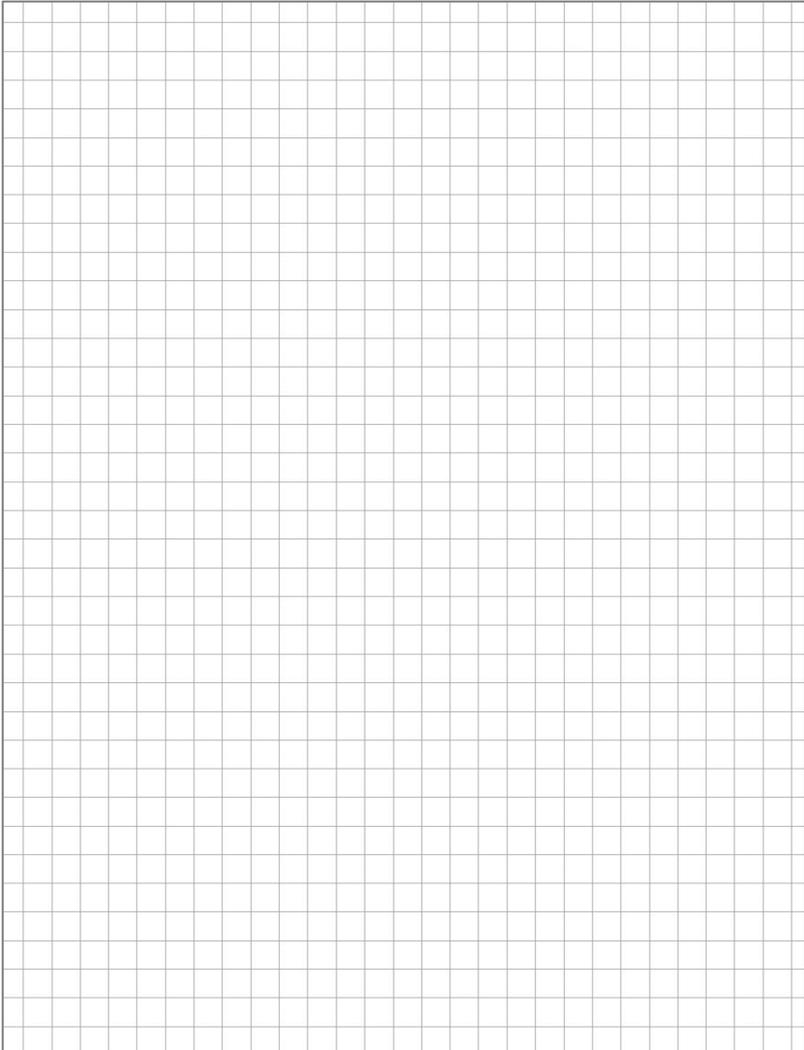
	Nullrate n_0 :			
Absorbermaterial	Absorberdicke d [mm]	Zählrate n [min ⁻¹]	Nullratenbereinigte Zählrate N [min ⁻¹]	$\ln N(d)$

Tab. 2: Messdaten Absorptionsgesetz





iRadioactivity

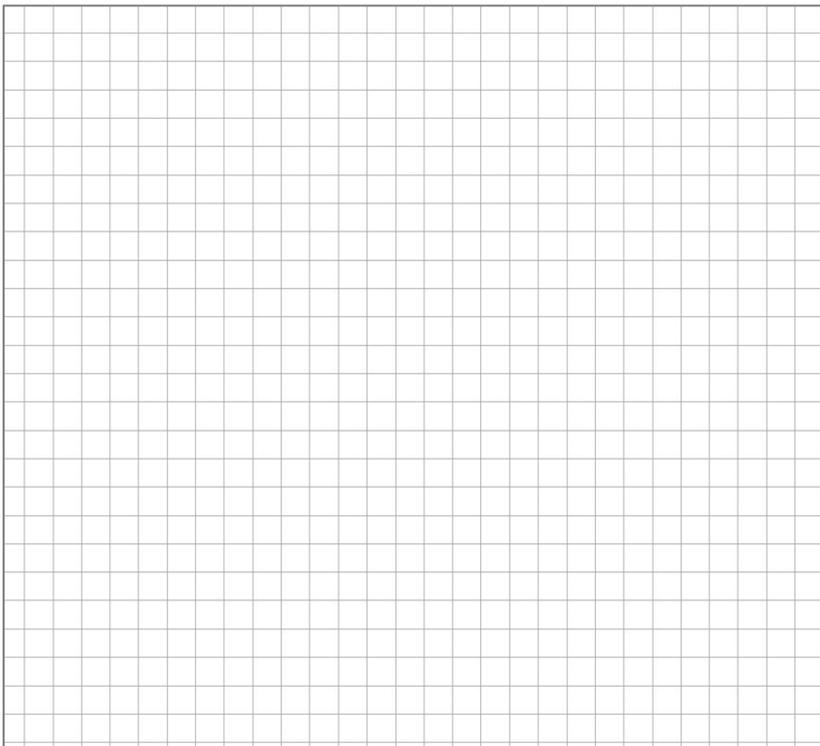




iRadioactivity

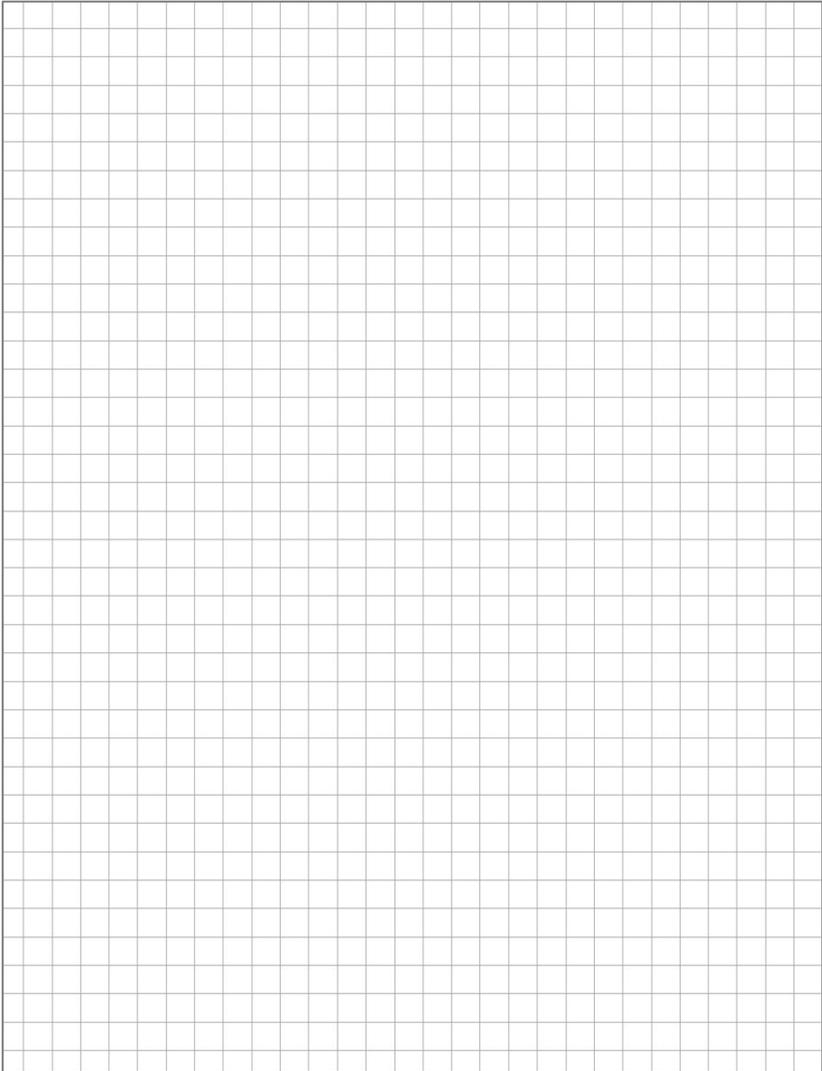
2. Stellen Sie für das vorliegende Sr-90 Präparate eigene Berechnungen zu folgenden Fragen an:

- Welcher Teil (%) der β -Strahlung erreicht einen Hauttumor der von der Hautoberfläche bis zu einer Gewebstiefe von $d = 1$ mm reicht?
- Wie tief darf ein Hauttumor max. ins Gewebe hineinreichen, um mit der β -Strahlung noch wirksam bestrahlt werden zu können (\rightarrow M8).



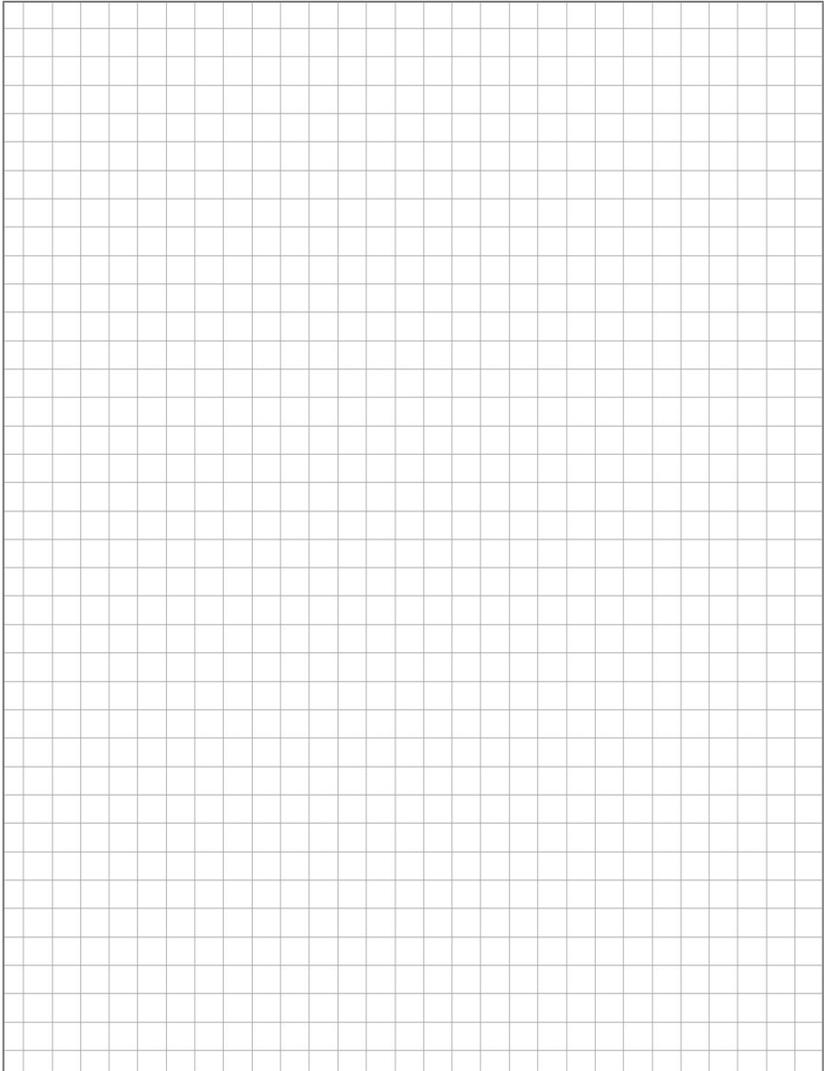


iRadioactivity





iRadioactivity



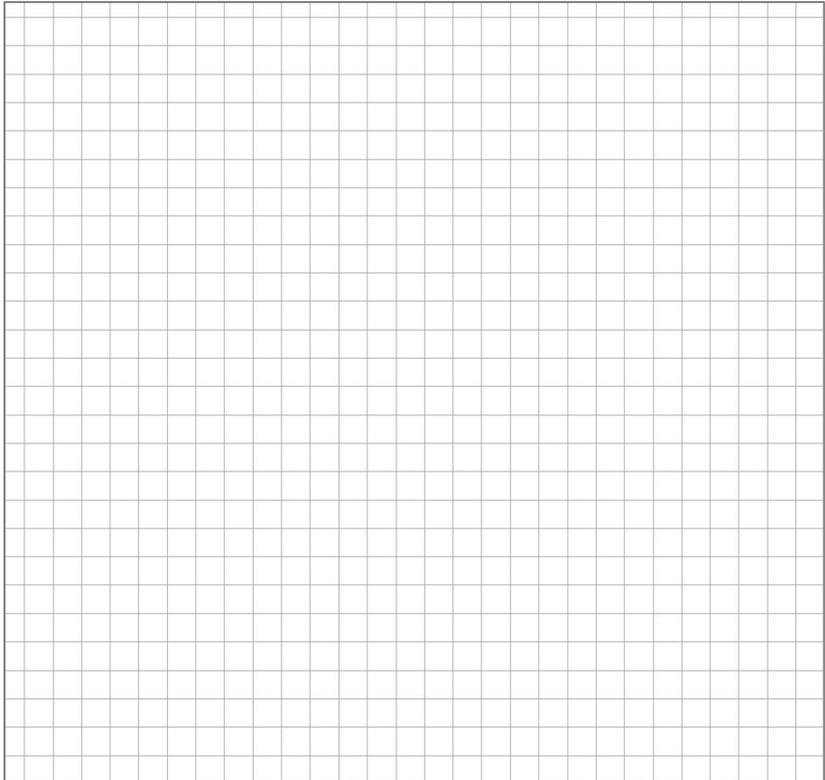


iRadioactivity

Zu Forschungsfrage II: (freiwillig)

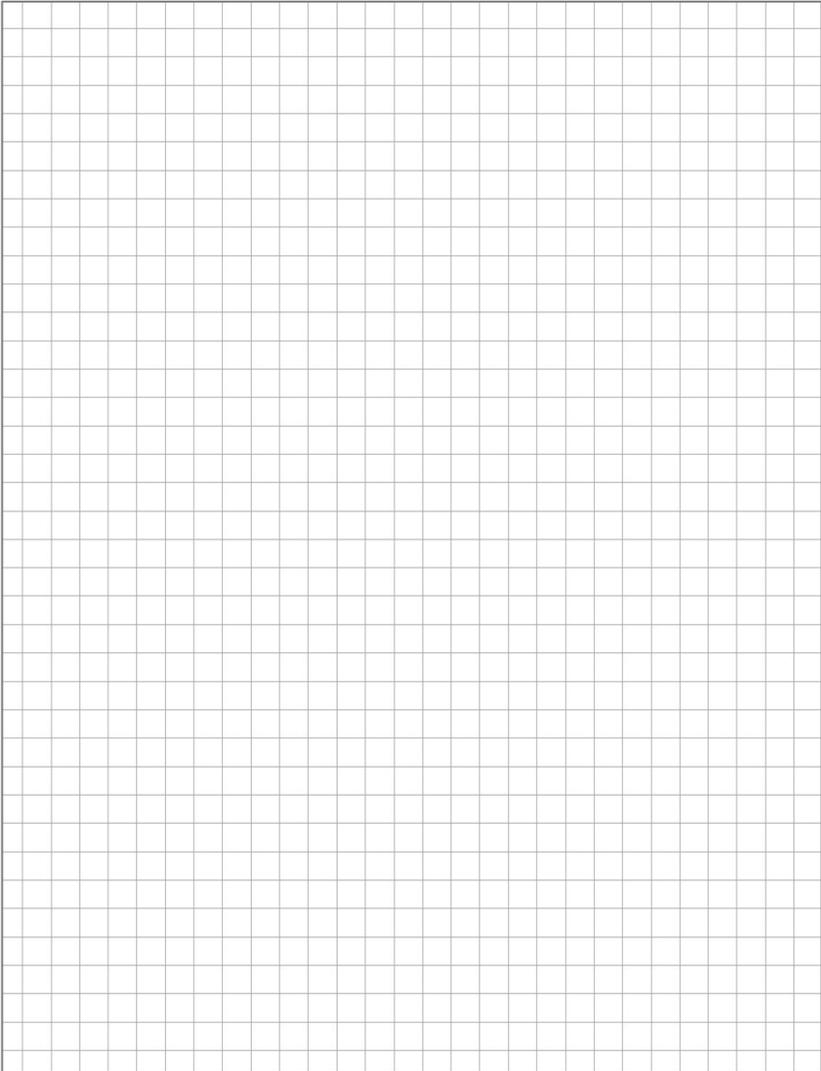
- 4. Informieren Sie sich über Möglichkeiten der Bestrahlung tiefliegender Tumorarten (→M10).**

Fassen Sie die Ergebnisse ihrer Recherchen tabellarisch zusammen und begründen Sie kurz die Wirksamkeit dieser Therapieformen aus physikalischer Sicht.





iRadioactivity



Dokumentation Feinstaubmessgerät

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Die Bauteile des entwickelten Messgerätes.....	2
2.1 Sharp Staubsensor GP2Y1010AU0F	2
2.1.1 Funktionsweise.....	3
2.2 Arduino Yún	6
2.2.1 Technische Daten der beiden Chips	7
2.2.1.1 Atmel ATmega32u4 Mikrocontroller	7
2.2.1.2 Atheros AR9331 Mikroprozessor	7
2.2.2 Versorgung des Arduino Yun	8
2.2.3 Speicher	8
2.2.4 Eingänge und Ausgänge	8
2.2.5 Programmierung	8
2.3 Power Bank	9
2.3.1 Technische Daten für USB-Akku XTPower MP-10400	10
2.4 Lüfter	11
3 Verbindung des Sensors mit dem Arduino Yun	12
4 Programmierung des Arduino Yun.....	14
3.1 Beschreibung des Sketch	16
5 Entwicklung des Gehäuses für das Messgerät.....	20
6 Entwicklung der Android - Applikation zur Datenerfassung	22
6.2 Die erste Seite bzw. Main Activity	23
6.3 Activity 2 bzw. graph Activity.....	24
Literaturverzeichnis	26

Projekt : Feinstaubmessung

1 Einleitung

Zur Messung der Feinstaubdichte ist ein Messgerät zu entwickeln. Weiterhin soll die Erfassung der Ergebnisse drahtlos mit einem Android Smartphone / Tablett möglich sein. Das Gerät wird zur Beurteilung der Luftqualität dienen.

2 Die Bauteile des entwickelten Messgerätes

2.1 Sharp Staubsensor GP2Y1010AU0F



Bild [1] : Sharp Dust Sensor [1]

Der Sharp GP2Y1010AU0F ist ein sehr kompakte Staubsensor (46.0 × 30.0 × 17.6 mm), der die feine Partikeln in der Luft empfindet. Zum Detektieren der Staubpartikeln sind eine infrarot-emittierende Diode und ein Phototransistor diagonal zueinander eingerichtet. Der Sensor ist sehr effektiv um sehr feine Partikeln wie z.B. Zigarettenrauch zu detektieren.

Der Sensor hat eine sehr niedrigen Stromverbrauch (max. 20mA; typisch 11mA) und funktioniert mit einer Betriebsspannung von bis zu 7V. [A1]

($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	-0.3 to +7	V
*1 Input terminal voltage	V_{LED}	-0.3 to V_{CC}	V
Operating temperature	T_{opr}	-10 to +65	$^{\circ}\text{C}$
Soldering temperature	T_{sol}	-20 to +80	$^{\circ}\text{C}$

*1 Open drain drive input

Bild[2] : Absolute Maximum Ratings / Grenzwerte des Sharp GP2Y1010AU0F [A1]

2.1.1 Funktionsweise

Das von der Diode emittierte infrarot Licht wird durch die Staubpartikeln reflektiert und von der Photodiode erfasst. Die Photodiode wandelt das Licht in einen elektrischen Strom um. Die mit der Photodiode verbundene Verstärkerschaltung verstärkt den Strom und wandelt in einer elektrischen Spannung um. Damit entsteht eine elektrische Spannung am Ausgang des Sensors.

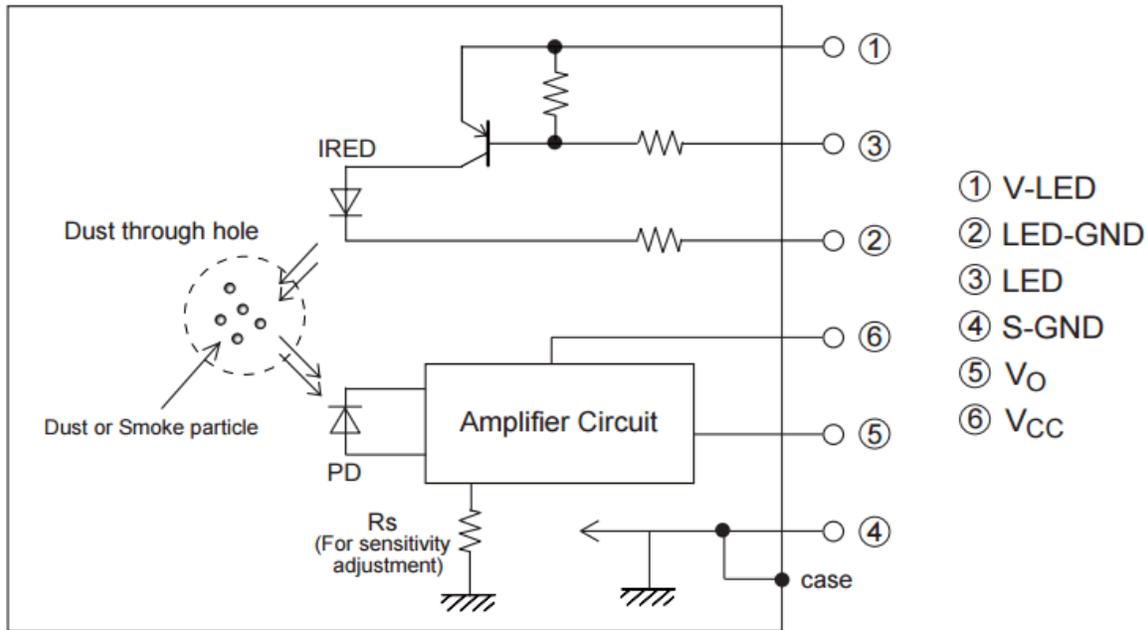


Bild [3] : Internal schematic / interne Schaltung des Sharp GP2Y1010AU0F [A1]

Obwohl es kein Staubteilchen in der Luft vorhanden ist, liefert der Sensor eine geringere Spannung (max. 1,5V; typisch 0,9V) am Ausgang weil ein Teil des Lichtes von dem Gehäuse des Sensors reflektiert und an dem Detektor gelangt.

($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Sensitivity	K	*1 *2 *3	0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m ³)
Output voltage at no dust	V_{OC}	*2 *3	0	0.9	1.5	V
Output voltage range	V_{OH}	*2 *3 $R_L=4.7\text{k}\Omega$	3.4	–	–	V
LED terminal current	I_{LED}	*2 LED terminal voltage = 0	–	10	20	mA
Consumption current	I_{CC}	*2 $R_L=\infty$	–	11	20	mA

*1 Sensitivity is specified by the amount of output voltage change when dust density changes by 0.1 mg/m³.
And the dust density for detection is a value of the density of cigarette (MILD SEVEN®) smoke measured by the digital dust monitor (P-5L2: manufactured by SHIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD.).

*2 Input condition is shown in Fig. 1

*3 Output sampling timing is shown in Fig. 2

Bild [4] : Electro-optical Characteristics / Elektrisch-Optisch Eigenschaften [A1]

Am Eingang des Sensors ist die folgende Schaltung laut Datenblatt zum Betreiben empfohlen.

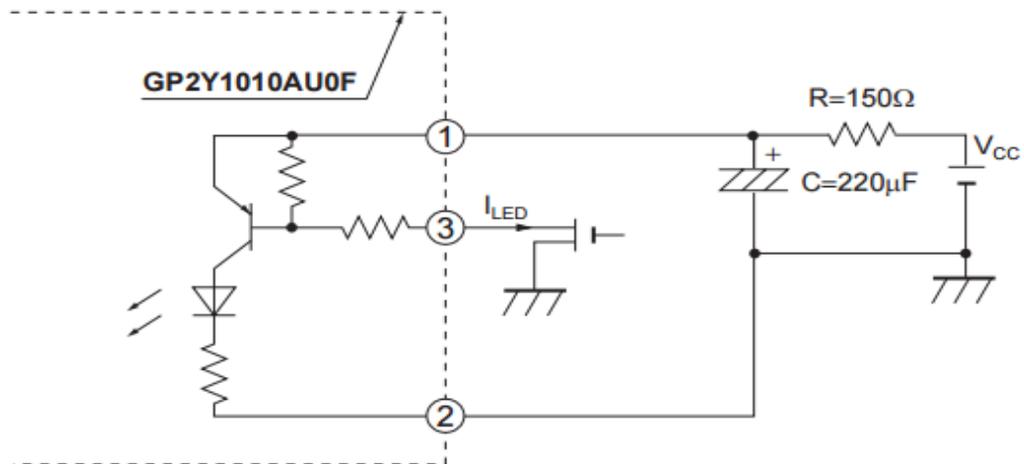


Bild [5] : Input Condition for LED Input Terminal / Am Eingang des Sensors empfohlene Schaltung [A1]

Der Anschluss V-LED ist über den Widerstand R (=150 Ω) mit der positiven Seite der Betriebsspannung verbunden. Der Anschluss LED-GND ist mit der negativen Seite der Betriebsspannung verbunden. Zwischen den zwei Anschlüsse ist ein Kondensator C (=220µF) angeschlossen.

Um die Messung durchzuführen, muss die LED des Sensors durch einem Impuls aktiviert werden. Ein Impuls mit der Impulsweite (P_w) von 0.32ms an dem Anschluss LED des Sensors aktiviert die LED des Sensors.

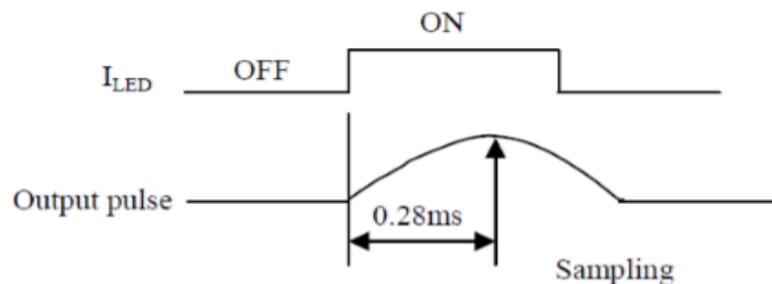


Bild [6] : Sampling Time of Output Pulse / Abtastzeit des Impulses [A1]

Nach der Aktivierung der LED muss 0.28ms gewartet werden bevor der Messung der Ausgangsspannung. Danach muss noch weitere 0.04ms verzögert werden.

$$P_w = (0,28 + 0,04)ms = 0.32ms$$

Danach muss eine gewisse Zeit gewartet werden um die Messung erneut durchzuführen. Laut Datenblatt ist die Periode der Impulse 10ms beizubehalten.

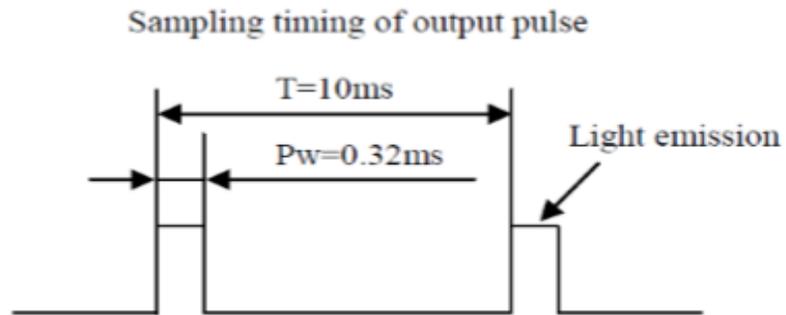


Bild [7] : Pulse driven Waveform / die Impulsfolge zur Aktivierung der LED [A1]

$$\text{Wartezeit, } T_w = 10\text{ms} - 0,28\text{ms} - 0,04\text{ms} = 9,68\text{ms}$$

2.2 Arduino Yun

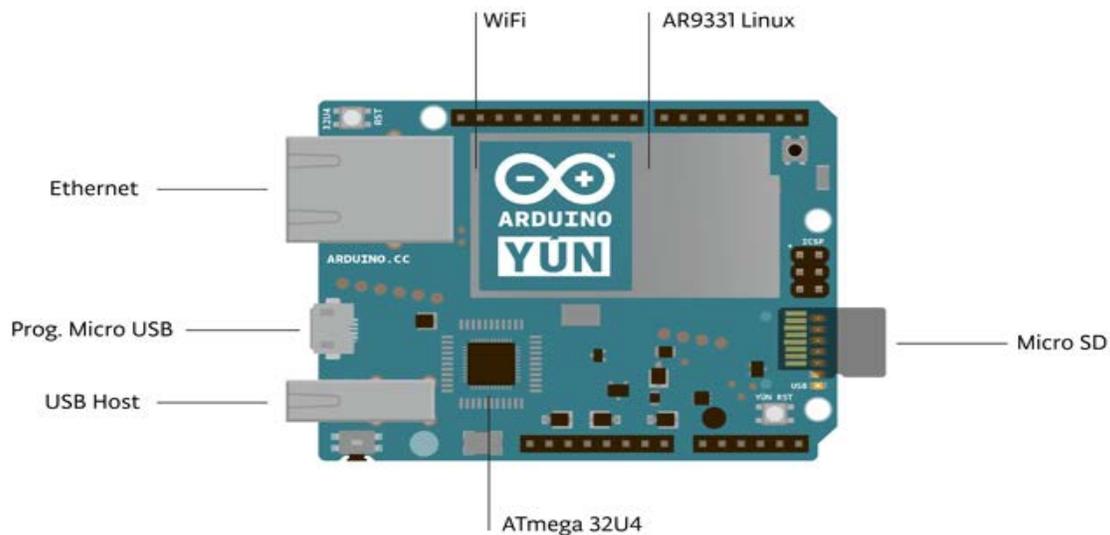


Bild [8] : Der Arduino Yun [2]

Arduino Yun ist ein Mikrocontroller-Board basiert auf ein Atmel Mikrocontroller ATmega32u4 und ein Atheros Mikroprozessor AR9331. Der ATmega32u4 ist für das Ausführen der Sketches zuständig dahingegen ist AR9331 für das drahtlose Netzwerk (WLAN) zuständig. Beide kommunizieren über eine serielle Schnittstelle miteinander. Dadurch ist es möglich, Sketches direkt drahtlos zum ATmega32u4 zu uploaden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Daten vom ATmega32u4 drahtlos weiterzugeben. Der Aduino Yun besitzt auch ein USB-Anschluss, mit dem er direkt mit dem Rechner verbunden und programmiert werden kann.

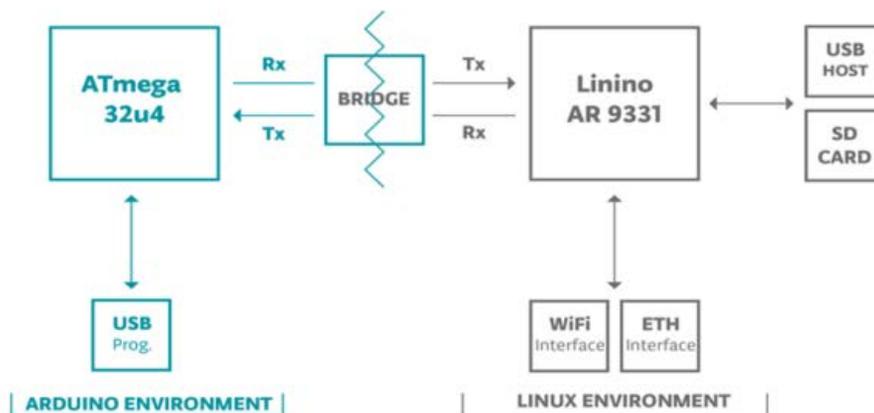


Bild [9] : Kommunikation zwischen zwei Chips [2]

Die Bibliothek Bridge ermöglicht die Kommunikation zwischen den beiden Chips. Dadurch ist der Zugriff auf die SD-Karte und USB Anschluss vom ATmega32u4 möglich, welche nur mit dem Chip AR9331 verbunden ist.

2.2.1 Technische Daten der beiden Chips

2.2.1.1 Atmel ATmega32u4 Mikrocontroller

Microcontroller	ATmega32U4
Operating Voltage	5V
Input Voltage	5
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Pins	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (of which 4 KB used by bootloader)
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

Bild [10] : Technische Spezifikationen des ATmega32u4 [2]

2.2.1.2 Atheros AR9331 Mikroprozessor

Processor	Atheros AR9331
Architecture	MIPS @400MHz
Operating Voltage	3.3V
Ethernet	IEEE 802.3 10/100Mbit/s
WiFi	IEEE 802.11b/g/n
USB Type-A	2.0 Host
Card Reader	Micro-SD only
RAM	64 MB DDR2
Flash Memory	16 MB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
PoE compatible 802.3af card support	See <i>Power</i>

Bild [11] : Technische Spezifikationen des AR9331[2]

2.2.2 Versorgung des Arduino Yun

Es gibt zwei Möglichkeiten, dieses Board zu versorgen. Der Board kann entweder direkt per Micro-USB Kabel oder über den Pin „VIN“ mit 5V versorgt werden. Nach dem Hersteller ist es empfohlen, das Board mit dem Micro-USB Connector zu versorgen. Weil es kein eingebaute Spannungsregulator vorhanden ist, kann die höhere Spannung dem Board zerstören.

2.2.3 Speicher

Der ATmega32u4 hat 32KB Flash Memory und 4KB davon ist für Bootloader belegt. Weiterhin besteht er 2,5 KB SRAM und 1KB EEPROM. EEPROM kann mit Hilfe von der EEPROM Bibliothek gelesen und geschrieben werden.

Der Speicher des AR9331 ist nicht am Prozessor eingebettet, sondern extern verbunden. Der Arduino Yun hat 64 KB DDR2 RAM und 16 MB Flash Memory.

2.2.4 Eingänge und Ausgänge

Es ist unmöglich, die Pins von AR9331 zu zugreifen. Alle vorhandene Pins sind mit ATmega32u4 verbunden.

Alle 20 digital Pins kann entweder als Eingang oder als Ausgang mit Hilfe von den Funktionen `pinMode()`, `digitalWrite()` und `digitalRead()` verwendet werden. Die Pins arbeiten mit 5V Spannungspegel. Jeder Pin kann bis zu 40mA Strom abliefern oder annehmen und mit einem internen Pull-up Widerstand (default: nicht verbunden) von 20-50kOhm verbunden.

Der Yun besitzt 12 analoge Eingänge mit 10-Bit Auflösung, die als A0-A5 und A6-A11 beschriftet sind.

2.2.5 Programmierung

Der Yun kann mit Hilfe von dem Arduino Software (IDE) programmiert werden. Die Arduino-Sprache ist ein Satz aus C/C++ Funktionen, welche von dem Code aufgerufen werden. Der ATmega32u4 auf dem Board ist schon mit Bootloader vorprogrammiert. Die Aufgabe des Bootloader ist das Uploaden des Codes ohne externe Hardware Programmer zu ermöglichen.

2.3 Power Bank

Um die Betriebsspannung von 5V für den Arduino Yun bereitzustellen wird ein Power Bank eingesetzt. Der Power Bank ist ein externe Akku, der für die elektronische Geräte nötige Betriebsspannung versorgt. Die Power Banks sind heutzutage im Markt verfügbar und meistens zum Aufladen des Handys verwendet. Da Arduino Yun mit einem Micro-USB Anschluss ausgestattet ist und sehr geringfügiger Strom anzieht, ist der Power Bank eine sehr gute Lösung dem Board zu versorgen. Dadurch wird das Messgerät sehr mobil und kann außerhalb des Labors auch eingesetzt werden.



Bild [12] : Power Bank XTPower MP-104000 [3]

Es wird ein Power Bank der Firma „XTPower“ ausgewählt. Im Gegensatz zu anderen Powerbanks schaltet sich dieser USB-Akku nicht automatisch ab. Daher eignet er sich zur Verwendung mit Kleingeräten wie z.B. LED-Lampen oder kleinen Radios. Der Power Bank ist sehr kompakt und durch seine hohe Kapazität für den Dauerbetrieb von USB Kleingeräten wie z.B. Arduino Yun sehr gut geeignet. [3]

2.3.1 Technische Daten für USB-Akku XTPower MP-10400

Akku	
Technologie	Lithium-Ionen Akku mit 38,5Wh
Kapazität	10400 mAh / 3,7 V
Lebenserwartung	ca. 500 Ladezyklen
Eingang	
Buchse	Micro-USB
Ladefunktion	5V max. 1,5A
Vollständige Ladung	ca. 8 Stunden bei 5V 1,5A von 0 auf 100%
Ausgang USB	
USB 1	1x USB 5V 2.1A
USB 2	1x USB 5V 1A
Ausgangsstrom	max. 3.1A bei gleichzeitiger Nutzung beider USB Ausgänge
Arbeitstemperatur	
Aufladen	10 - 45 °C
Betrieb	-20 - +60 °C
Maße und Gewicht	
L x B x H	118 x 72 x 22 mm
Gewicht	257g

Bild [13] : Technische Daten des Power Bank XTPower MP-104000 [3]

2.4 Lüfter

Der Lüfter hat die Aufgabe die Luft durch den Tunnel des Sensors anzusaugen, so dass der Sensor die Staubpartikeln in der Luft leicht messen kann. Es wird ein sehr kompakte Lüfter der Firma „Sunon“ eingesetzt.



Bild [14] : Der Lüfter der Firma „SUNON“ [4]

2.4.1 Technische Daten des Lüfters

Allgemeines	
Modellbezeichnung	Axial-Lüfter
Typ	Axial-Lüfter
Temperatur, max.	-10 ... +70 °C
Polzahl	2
Elektrische Werte	
Voltage DC	5 V=
Strom	0,16 A
Leistung	0,6 W
Maße	
Länge	20 mm
Breite	20 mm
Höhe	10 mm
Luftleistung	2,46 m ³ /h
Ausführung	
Drehzahl	10000 U/min
Sonstiges	
Geräuschpegel	22 dB

Bild [15] : Technische Daten des Lüfters „SUNON MC20100V2-000U-A99“ [4]

3 Verbindung des Sensors mit dem Arduino Yun

Zur Verbindung des Sensors mit dem Arduino Yun werden einen speziellen SMD-Steckverbinder S6B-ZR-SM3A-TF und eine Aufsatzplatine für Arduino Yun eingesetzt. Das Layout der Aufsatzplatine wird mit Hilfe der CAD-Software EAGLE erzeugt.



Bild [16]: SMD-Steckverbinder S6B-ZR-SM3A-TF [5]

Die Aufsatzplatine enthält die nach dem Datenblatt empfohlene Bauteile um den Sensor zu betreiben.

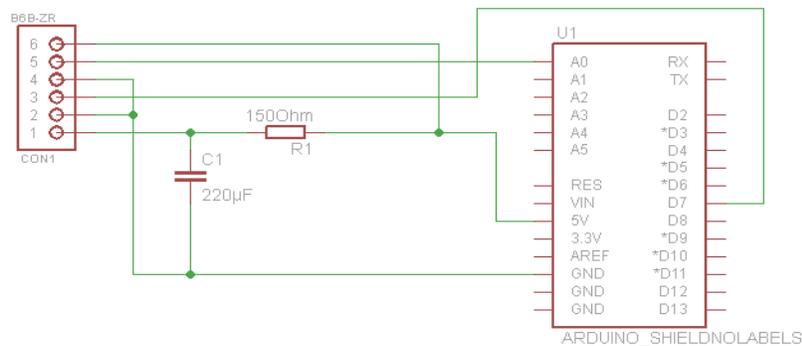


Bild [17] : Der Schaltplan der Aufsatzplatine

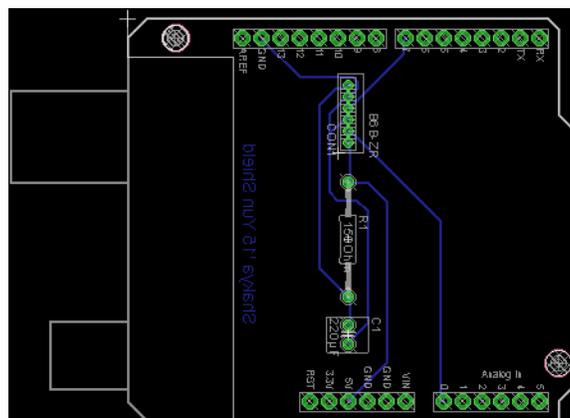


Bild [18] : Das Layout der Aufsatzplatine

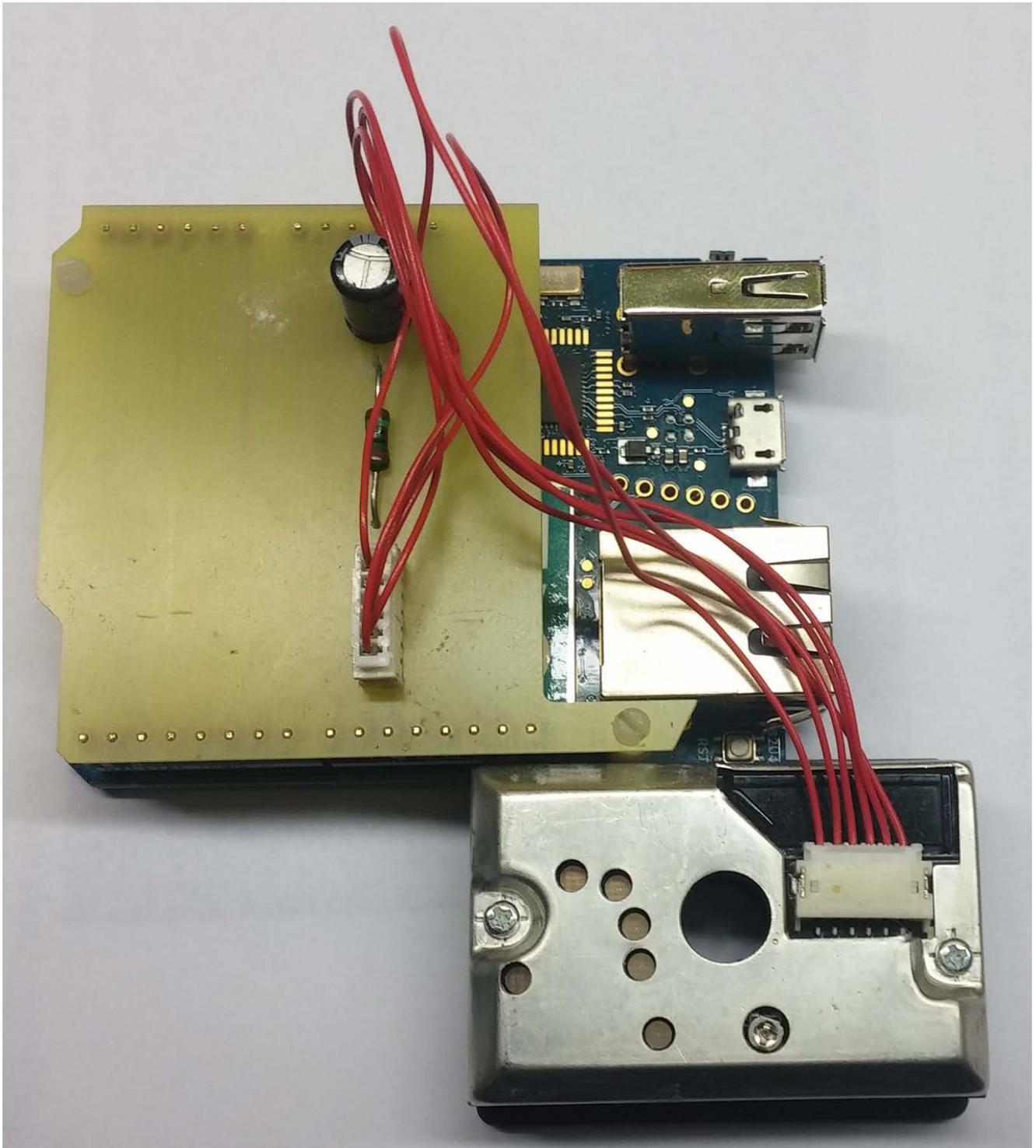


Bild [19] : Arduino Yun mit dem Aufsatzplatine und der Sharp Staubsensor

4 Programmierung des Arduino Yun

Arduino bietet eine eigene Entwicklungsumgebung zur Programmierung des Arduino-Boards an. Die Entwicklungsumgebung, die sogenannte Arduino-Software kann man von der Webseite des Herstellers kostenlos herunterladen. Sie umfasst Text Editor zum Schreiben des Codes, Text Console, Toolbar mit Buttons für häufig verwendete Funktionen und verschiedene Menüs. Arduino Software kommuniziert mit dem Arduino Hardware und dient als eine Verbindung zum Uploaden des Codes.

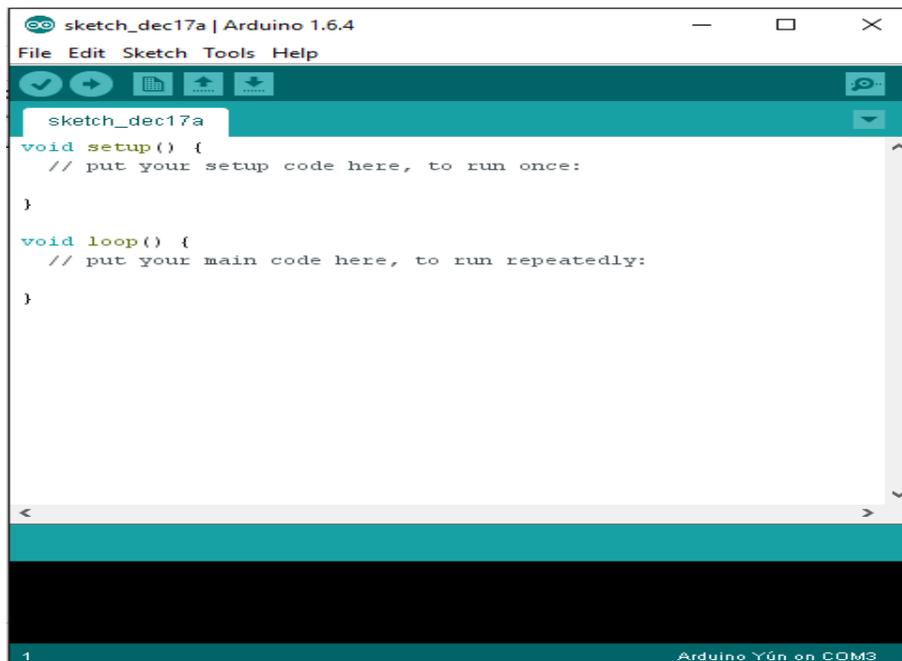


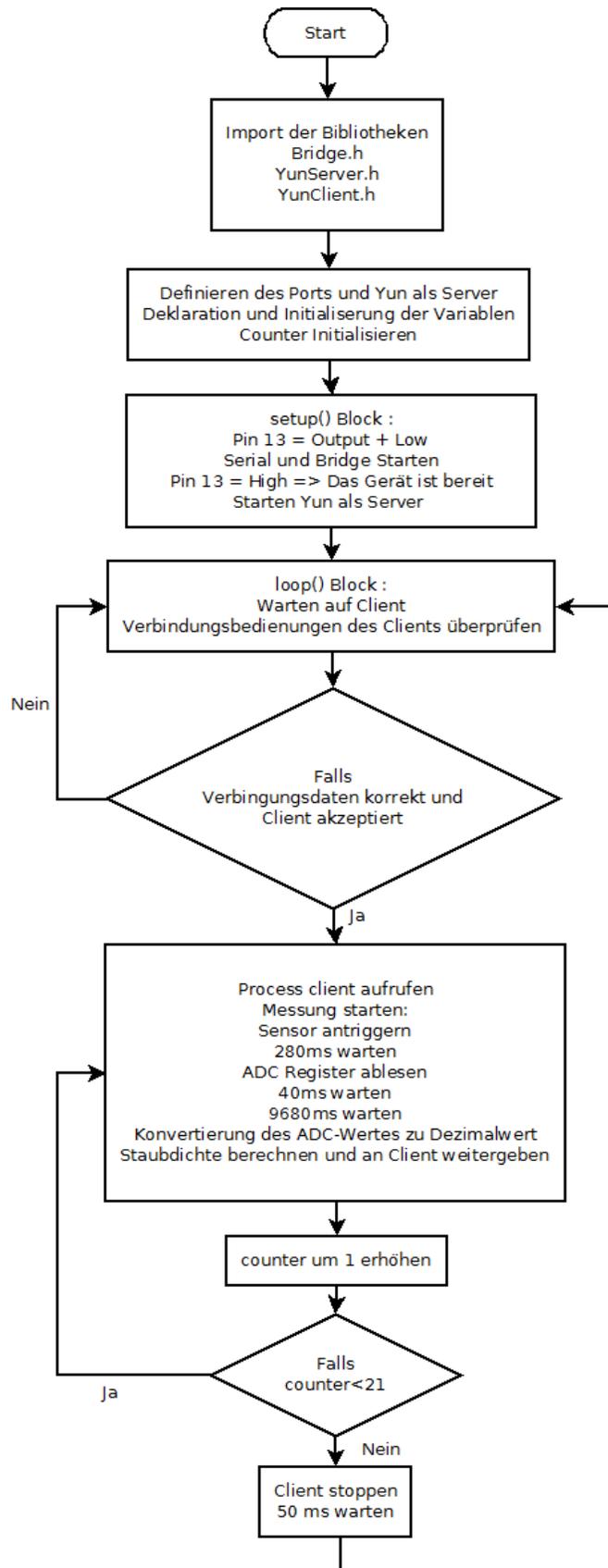
Bild [20] : Arduino Entwicklungsumgebung „Arduino 1.6.4“

Im Arduino geschriebene Codes nennt man Sketches. Sketches werden im Text Editor geschrieben und mit File-Extension „.ino“ gespeichert. Der Struktur des Sketch teilt sich mindestens in zwei Blöcke auf: setup() und loop().

Der Block setup() ist für die Einstellungen und die Vorbereitung zuständig. Er wird nur einmal am Anfang ausgeführt. Im Gegensatz zu setup(), enthält der loop() Block die Logik des Programms. In anderen Worten ist der loop() Block der Kern oder das Hauptprogramm und wird zyklisch ausgeführt.

Der Import der verwendeten Bibliotheken, die Initialisierung und Deklaration der Variablen werden vor den beiden Blöcken geschrieben.

Die Logik hinter der Programmierung des Arduino Yun ist in einem Datenflussdiagramm in nächster Seite zu sehen.



3.1 Beschreibung des Sketch

Am Anfang des Sketch werden die notwendige Bibliotheken importiert. Danach werden die Variablen deklariert und initialisiert.

```
#include <Bridge.h>
#include <YunServer.h>
#include <YunClient.h>

#define PORT 6666

YunServer server(PORT);

int analogPin = 0;
int ledpulsPin = 7;

int samplingTime = 280;
int delayTime = 40;
int sleepTime = 9680;
int counter = 0;
float dustDensity = 0;
float adcRegister = 0;
float convertDecimal = 0;
float VoltageOffset = 1.5; // Max Offset=1.5 laut Datenblatt
```

Unter dem setup() Block wird die Einstellungen zur Kommunikation zwischen den Chips und Verbindung des Serial Monitors zum Debuggen bereitgestellt. Der Pin 13 ist mit einer LED am Board verbunden. Wenn die Diode leuchtet, erkennt man die Einstellungen wahrgenommen worden sind. Der Arduino Yun wird als Server programmiert und wartet auf Client.

```
void setup() {
  // Bridge startup
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13, LOW);
  Serial.begin(115200);
  Bridge.begin();
  digitalWrite(13, HIGH);

  pinMode(ledpulsPin, OUTPUT);

  // Listen for incoming connection only from localhost
  // (no one from the external network could connect)

  server.noListenOnLocalhost();
  server.begin();
  Serial.println("Waiting for client :");
}
```

Wenn ein Client mit korrekte Verbindungsdaten auftaucht, schließt er die Verbindung mit

Client ab. Danach wird ein Prozess „Client“ aufgerufen.

```
void loop() {
  connectagain:
  // Get clients coming from server
  YunClient client = server.accept();
  Serial.println(" Waiting to accept client : "); //Zum Debuggen

  // There is a new client?
  if (client) {
    Serial.print(" Client accepted!!!! : "); //Zum Debuggen
    Serial.println(); //Zum Debuggen
    redo:
    Serial.println("Jumping to take Measurements "); //Zum Debuggen|
    // Process request
    process(client);
  }
}
```

In dem wird die Messungen durchgeführt und das Ergebnis weiter an Client gegeben. Um die Staubdichte zu berechnen, wird im Datenblatt angegebenen Graph verwendet.

Fig. 3 Output Voltage vs. Dust Density

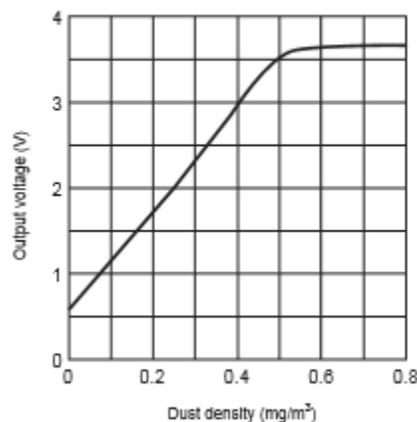


Bild [21] : Output Voltage Vs. Dust Density / Ausgangsspannung Vs. Staubdichte. [A1]

Am Ausgang des Sensors anliegende Spannung wird mit Hilfe von ADC Konverter des Arduino Yun gemessen. Nach dem obigen Graph kann man die Formel zur Berechnung der Staubdichte gewinnen.

Am Startpunkt des Graph $x_1=0$, $y_1= 1.5$ (OffsetSpannung);

Nach der Messung mit dem AD-Umsetzer des Arduino Yun ergibt sich die maximale Ausgangsspannung des Sensors, $U_{\text{ausgang}}= 3,43\text{V}$. Die Spannung am Ende des linearen Bereich liegt bei etwa 3.4V.

Am Ende des Graph $x_2= 0.5$, $y_2 = 3.4$ (max. Spannung am Ausgang)

Nach der folgende Formel berechnet sich die Staubdichte, D.

$$U_{ausgang} - y1 = \frac{y2 - y1}{x2 - x1} * (D - x1)$$

$$D = \frac{0,5 * U_{ausgang}}{3,4 - Offsetspannung} - \frac{0,5 * Offsetspannung}{3,4 - Offsetspannung}$$

Diese ausgerechnete Formel wird im Sketch implementiert um die Staubdichte zu ermitteln.

```
void process(YunClient client) {

    messung: // Start taking Measurement
    digitalWrite(ledpulsPin, LOW); //Trigger the Sensor==> 0 to 1
    delayMicroseconds(samplingTime); // waiting time 280ms

    adcRegister = analogRead(analogPin); // Read Analog Digital Register to measure the Output voltage of the Sensor

    delayMicroseconds(delayTime); // delay 40ms ==>refer Datasheet
    digitalWrite(ledpulsPin, HIGH); // Trigger off ==>1 to 0
    delayMicroseconds(sleepTime); // sleep for 9860ms

    convertDecimal = adcRegister*(5.0/1024.0); // Convert Digital Value to Decimal Value

    //Calculate Dust Density
    //Two Point Formula : At Origin(0, 1.5); at the end of linear graph (0.5, 3.4)

    dustDensity = ((0.5/(3.4-VoltageOffset))*convertDecimal-((0.5*VoltageOffset)/(3.4-VoltageOffset)));
    if (dustDensity<0) { // Filter out negative Values
        counter = counter-1;
        goto noprint;
    }
    client.print(dustDensity);
    client.println(" ");
    noprint:
```

Dieser Prozess wird 20-mal durchgeführt und damit 20 Messwerten an Client gesendet.

```
redo:
Serial.println("Jumping to take Measurements "); //Zum Debuggen
// Process request
process(client);
counter=counter+1;
if (counter<21){
  goto redo;
} else {
  counter = 0;
  // Close connection and free resources.
  client.stop();
}
delay(50); // Poll every 50ms
}
}
```

Nach der Messungen wird wieder den loop() Block durchgeführt und wartet der Arduino Yun wieder auf einen Client.

5 Entwicklung des Gehäuses für das Messgerät

Zum Schützen des Messgerätes wird ein Design des Gehäuses mit Hilfe der CAD-Software AUTOCAD erstellt und mit Hilfe eines 3D-Druckers ausgedruckt.

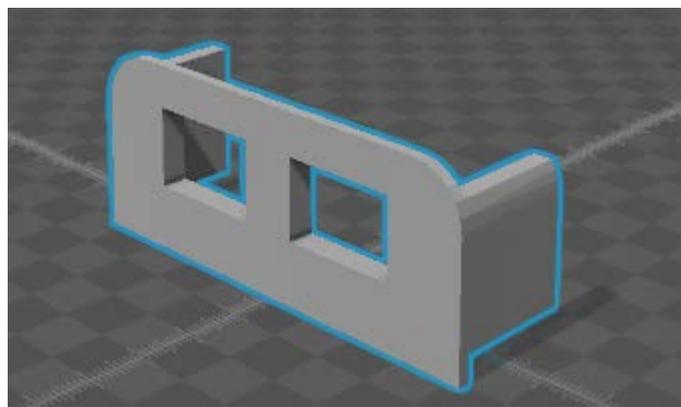
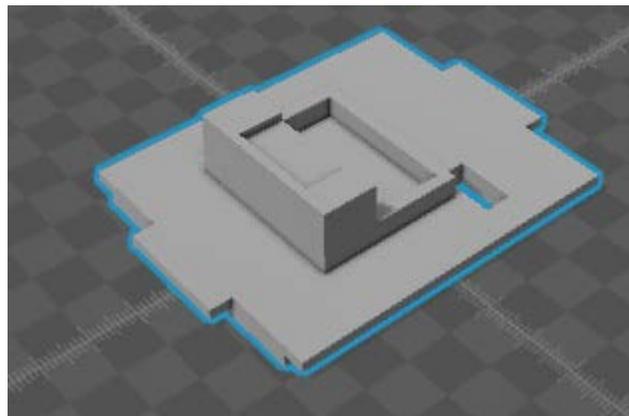
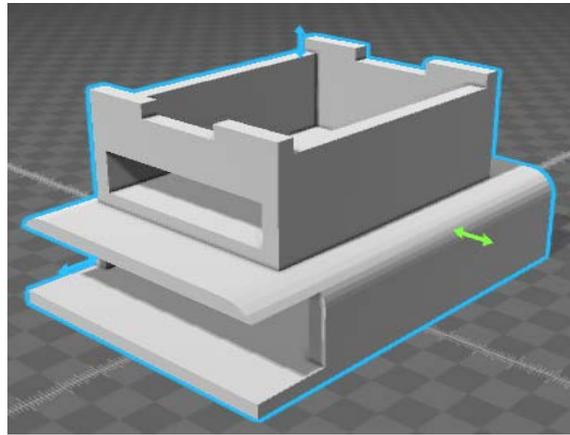


Bild [22] : Die mit Hilfe von AUTOCAD erstellte Designs des Gehäuses

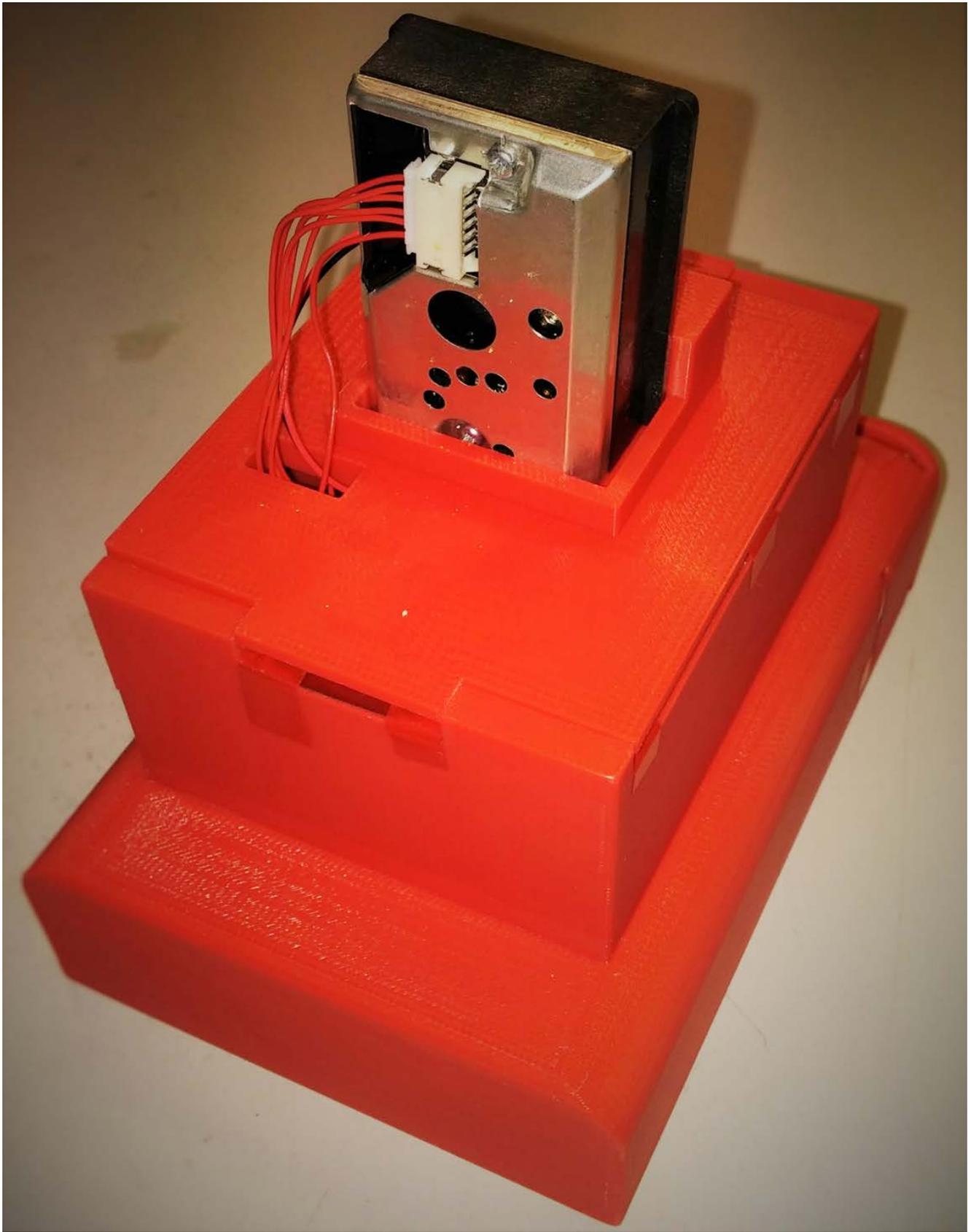


Bild [23] : Das ausgedruckte Gehäuse mit dem darauf montierte Sensor

6 Entwicklung der Android - Applikation zur Datenerfassung

Zur Datenerfassung wird eine Android – Applikation(App) entwickelt. Google bietet eine kostenlose App-Entwicklungssoftware sogenannte „Android Studio“. Mit Hilfe dieser Software wird eine App zur Feinstaubmessung entwickelt.



Bild [24] : Android Studio

Die App verbindet das Android - Gerät mit dem Arduino Yun. Dafür muss aber das Android – Gerät zuerst mit dem Arduino Yun's Hotspot verbunden sein. Nach der Verbindung findet der Datenaustausch statt. Die Messwerte werden vom Arduino Yun zum Android – Gerät gesendet. Das Android – Gerät sorgt für die graphische Darstellung der Messwerte.

Die App wird hauptsächlich in zwei Bereichen unterteilt. Das Layout und die Logik der App werden in zwei verschiedenen Dateien geschrieben. Das Layout wird in einer .xml-Datei gespeichert und sorgt für das Aussehen der App, wie z.B. Buttons, Texte und Logos.

Die Logik wird in einer .java-Datei gespeichert. Die Logik dient dem logischen Ablauf der App, wie z.B. Wechseln des Activity nach dem gedrückten Button, Herstellung der Verbindung zwischen den Geräten und graphische Darstellung der Messwerte.

Wenn man eine App öffnet, landet man auf einer Seite, wie bei Internet-Browsern. Landet man auf einer Webseite. Die Seite wird in Android Studio „Activity“ genannt. Mit Hilfe von Ereignissen, z.B. wie Klicken des Buttons, wechselt man zu einer anderen Seite bzw. Activity.

6.2 Die erste Seite bzw. Main Activity

Nach dem Öffnen der App taucht ein Activity auf. Dieser Activity ist auch als Launcher - Activity bekannt, weil er nach dem ersten Klick des App-Icons auftaucht.

Für dieses Projekt wird ein Launcher – Activity erstellt, in dem die Logos von TU-Kaiserslautern und Fachbereich EIT, das Bild von dem Messgerät, die Anleitung zur Inbetriebnahme der App und ein Button zu sehen sind.



Bild [25] : Main Activity der App „Feinstaubmessung“

Der Button „Connect“ verbindet über eine Socket-Verbindung das Android - Gerät und der Arduino Yun zusammen und wechselt zu einem anderen Activity. Dabei ist zu betrachten, dass das Android – Gerät per WLAN mit dem Hotspot vom Arduino Yun schon verbunden ist. Der Arduino Yun ist fähig, wegen dem Atheros -Chip selbständig als Hotspot zu arbeiten.

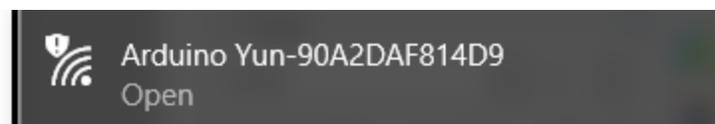


Bild [26] : Arduino Yun als Hotspot

Nach dem das Android – Gerät mit dem Arduino Yun's Hotspot verbunden ist, kann man mit der Messung anfangen, in dem man den Button „Connect“ drückt.

6.3 Activity 2 bzw. graph Activity

Nach dem Drücken des Buttons landet man auf Activity 2 bzw. graph Activity. In diesem Activity wird die Socket-Verbindung zwischen den Android und Arduino Geräten hergestellt. Diese ermöglicht das Datenaustausch zwischen beiden Geräten.

```
Socket socket = null;

try {
    //socket = new Socket(ip_ad_yun, 6666);
    socket = new Socket("192.168.240.1", 6666);

    ByteArrayOutputStream OutputStream = new ByteArrayOutputStream(255);
    byte[] buffer = new byte[255];

    int readbyte;
    InputStream inputStream = socket.getInputStream();

    while ((readbyte = inputStream.read(buffer)) != -1) {
        OutputStream.write(buffer, 0, readbyte);
        values = OutputStream.toString();
    }
}
```

Bild [27] : Socket-Verbindung

Die Socket-Verbindung ist eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle zwischen Server und Client über einen definierten Port. Im unseren Fall verhält der Arduino Yun als Server und wartet auf die Clients, die über den Port 6666 die Verbindung herstellen möchten. Das Android – Gerät dient als Client und versucht die über definierten Port die Verbindung herzustellen und die Daten zu empfangen. Dies passiert im Hintergrund und auf dem Bildschirm sichtbar. Nach dem Empfangen der Daten stellt es die Messwerten graphisch dar, die für den Benutzer sichtbar ist.



Bild [28] : graph Activity

Außer der Socket-Verbindung wird beim Activity 2 noch die für die graphische Darstellung notwendige Bibliotheken importiert. Der graphische Aussicht und die Buttons zur Steuerung werden in dem Layout hinzugefügt.

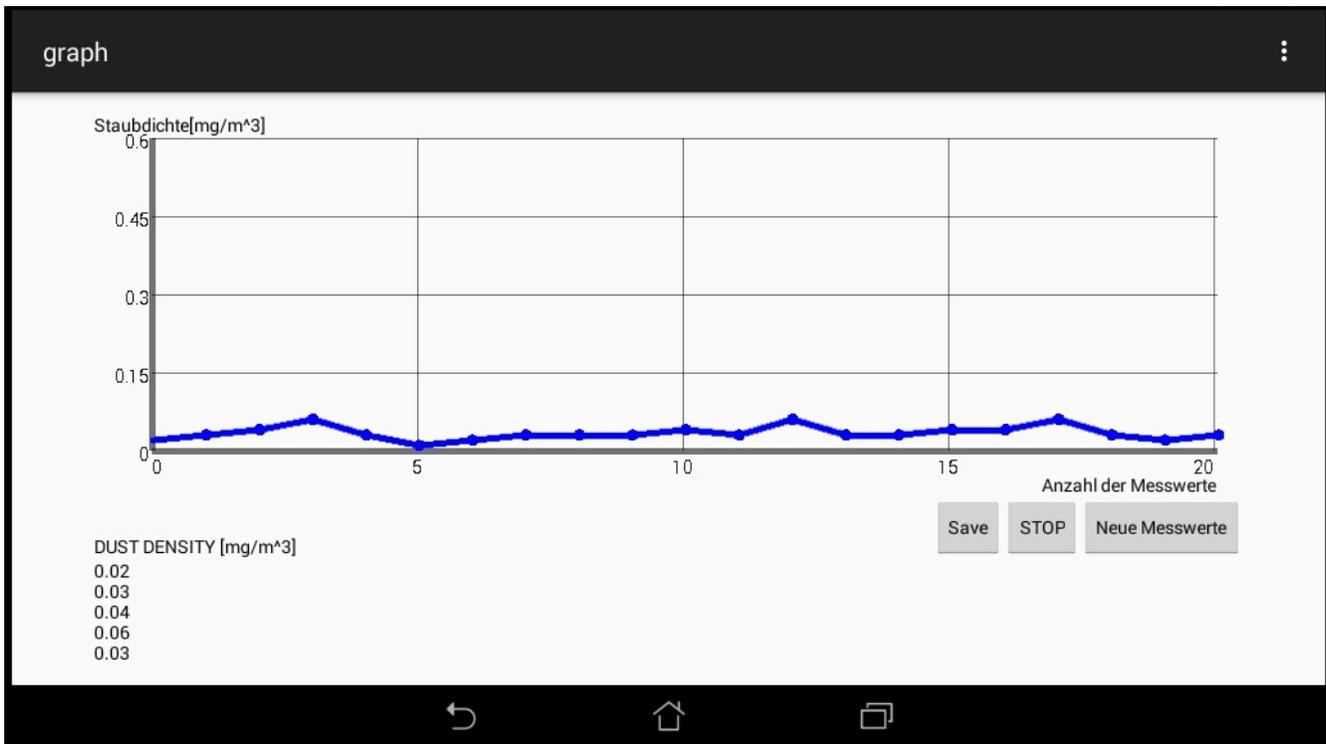


Bild [29] :graph Activity nach dem Empfangen der Daten

Dieser Activity aktualisiert sich automatisch und zeigt zyklisch neue Messwerten an. Mit Hilfe des Stop-Buttons kann man die Änderungen am Bildschirm stoppen. Die Messwerte kann man durch das Berühren des Save-Buttons im internen Speicher als ergebnis.txt File speichern. Es ist empfohlen, nach dem Speichern der Messwerte das Filename zu ändern weil die Messwerte bei nächster Speicherung überschrieben werden. Die Messwerte können wieder aktualisiert werden, wenn man den Button „Neue Messwerte“ berührt.

Literaturverzeichnis

[1] <https://www.sparkfun.com/products/9689>
letzter Aufruf am 21.12.2015

[2] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>
letzter Aufruf am 21.12.2015

[3] <https://www.xtpower.de/XTPower-USB-Akku-MP-10400-externer-Akku-Li-Ion-mit-10400mAh>
letzter Aufruf am 21.12.2015

[4] <https://www.reichelt.de/Luefter/LUeFTER-2010-5V/3/index.html?ACTION=3&GROUPID=3385&ARTICLE=42781&OFFSET=16&>
letzter Aufruf am 21.12.2015

[5] <http://media.digikey.com/photos/JST%20Photos/S6B-ZR-SM3A-TF.jpg>
letzter Aufruf am 21.12.2015