

Presentation of master's thesis by Brigitte Kneuss

# INTERESTED IN PHYSICS?

An intervention study on the development of interest and motivation at the student laboratory iLab at the PSI at secondary and high school level

Date of the Presentation: 22. April 2024

Place of the Presentation: CERN, Geneva

# Starting point

Starting point: The interest in the subject of physics decreases over the course of a student's school career (especially when it comes to female students)



Highly technological future



Can the MINT-student laboratory iLab at the PSI increase the interest and / or the motivation for the topic 'sound'?

# Current state of research

Studies on MINT-student laboratories and their impact on a student's interest and motivation

- The studies up to now point towards a positive effect when it comes to the increase of a student's interest and motivation after a visit of a student laboratory: studies by Betz et al. (2016) u.a.
- Differences were found in terms of gender and age: studies by Weinhardt (2017) und Schmid (2023) u.a.



	MINT-student laboratory at the PSI
Sample 1	- Accompanied by an oral intervention
Sample 2	- Accompanied by image and text intervention



*Research gap:* More data on the subject-specific Education of MINT-student laboratories that are maintained by scholars is needed Pawek (2009); Schmid (2023).



# Research question 1 (interest)

*Are there any significant differences between the pre- and posttests in the two different interventions (control group and intervention group) when it comes to the interest (topic-based, value-based, emotional and epistemic) in the topic 'sound'?*

# Research question 1.1 (interest)

*If there are significant differences between the pre- and posttests in the two different interventions (control group and intervention group) when it comes to the interest (topic-based, value-based, emotional and epistemic) in the topic 'sound', are there any further significant connections between the results and the variables age, gender and the last grade in physics / nature and technology?*

# Research question 2 (motivation)

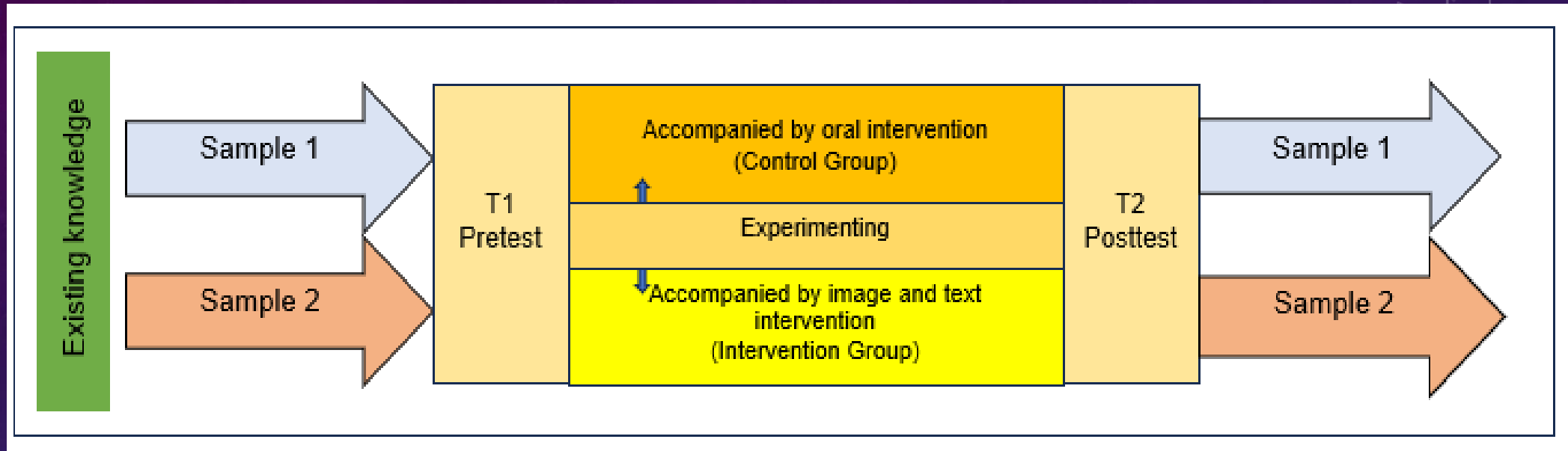
*Are there any significant differences between the control group and the intervention group when it comes to their intrinsic motivation?*

# Research question 2.1 (motivation)

*If there are significant differences between the intrinsic motivation of the control group and that of the intervention group, are there any further significant connections between the results and the variables age, gender and the last grade in physics / nature and technology?*



# Research design



Sample: 159 students at secondary and high school level (Swiss school system) (characteristics of the two samples are comparable)

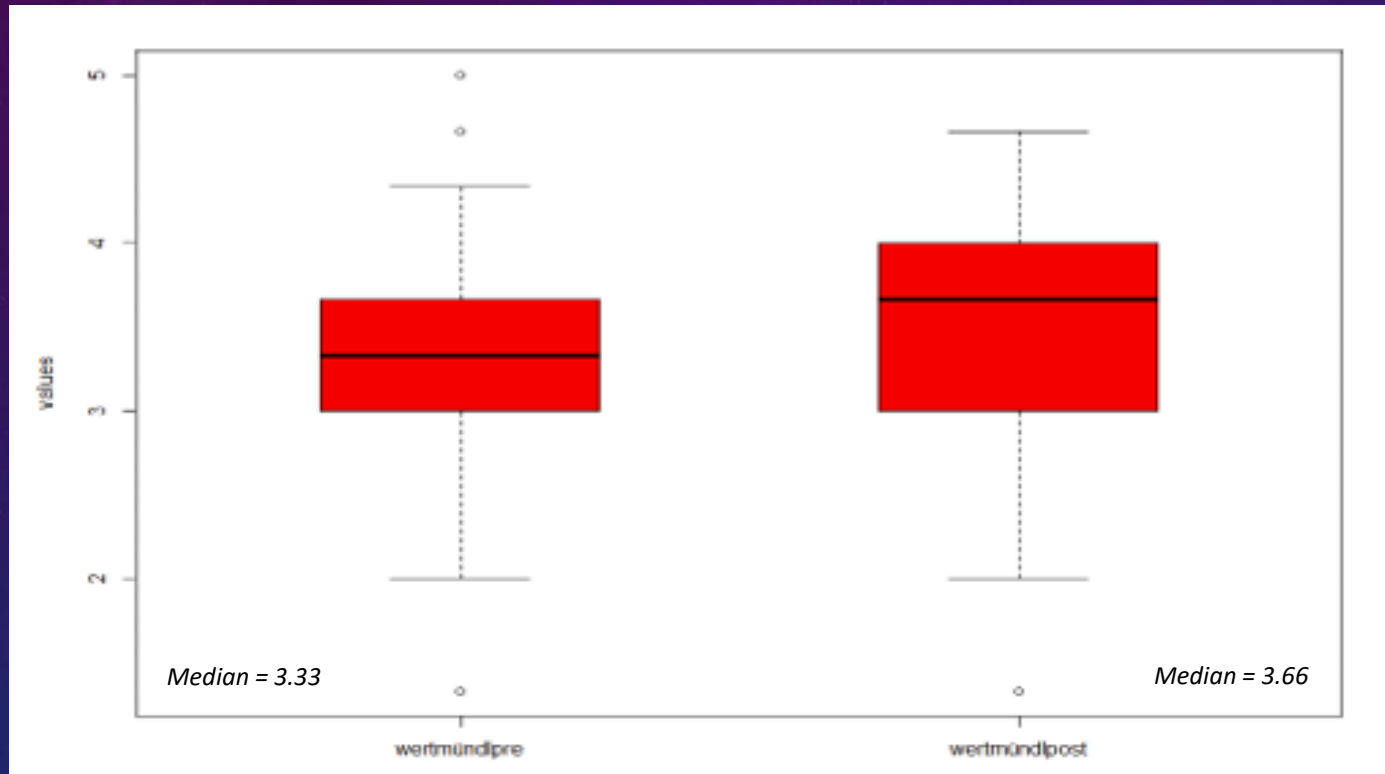
In advance: pilot phase and consent

Duration of experimenting phase: 100-110 minutes



# Results

The value-based interest of the control group (accompanied by oral intervention) is significantly higher after experimenting than before.



this significant effect is classified as a very small effect according to cohen's d

- original / realistic encounter with the topic (Schmitz, 2006; Burch & Hess, 2007)

# Results

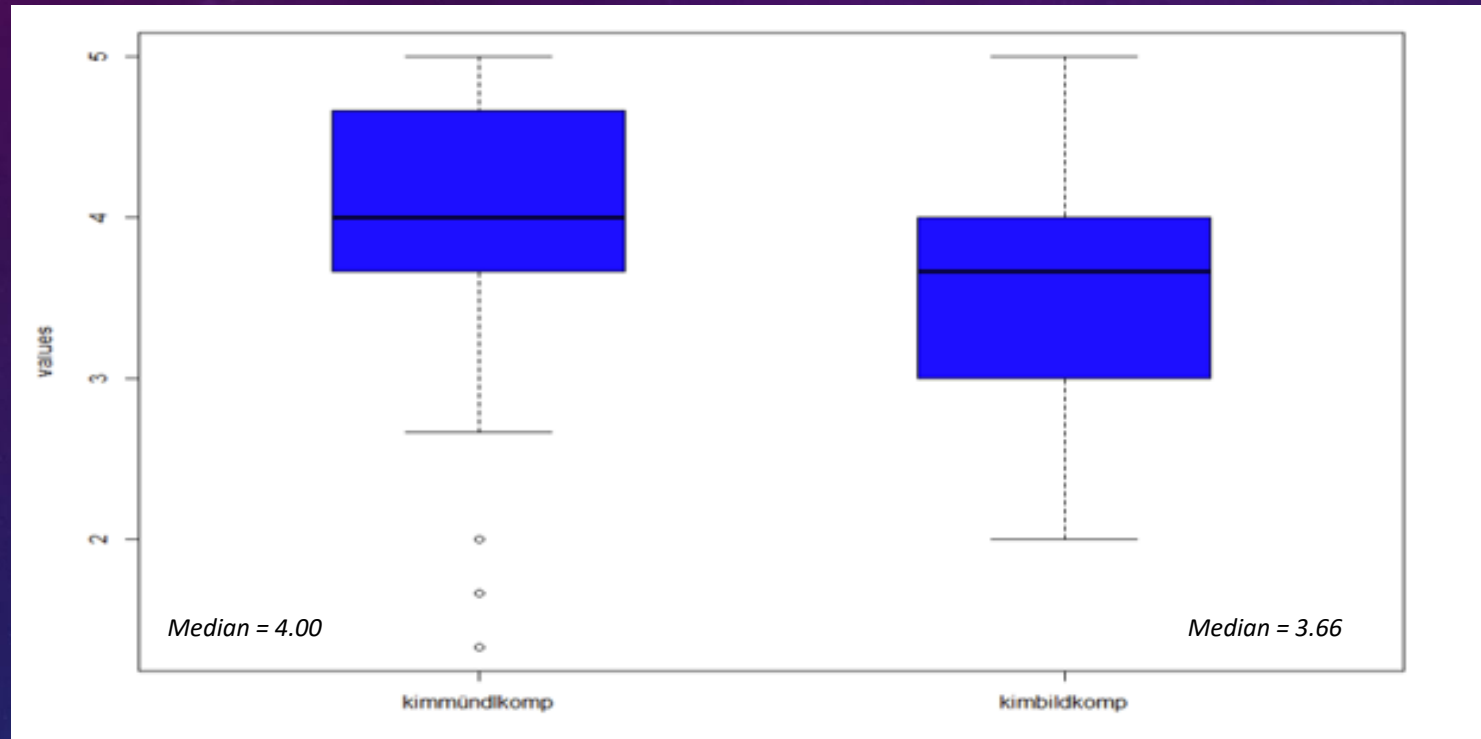
No result is also a result.

## Interpretation/Discussion

- The time needed to change one's thinking and working processes is different for each person (Pawek, 2009)
- No significant results when it comes to the loss of interest and motivation (neither when it comes to gender, nor when it comes to a student's age and / or their performance in the subject)
- Predominantly classes that have science as their key area
- The extreme differences when it comes to the candidates' ages make it difficult to make a clear statement.

# Results

The control group (accompanied by oral intervention) rated their skills after having experimented significantly higher than the intervention group (accompanied by image and text intervention).



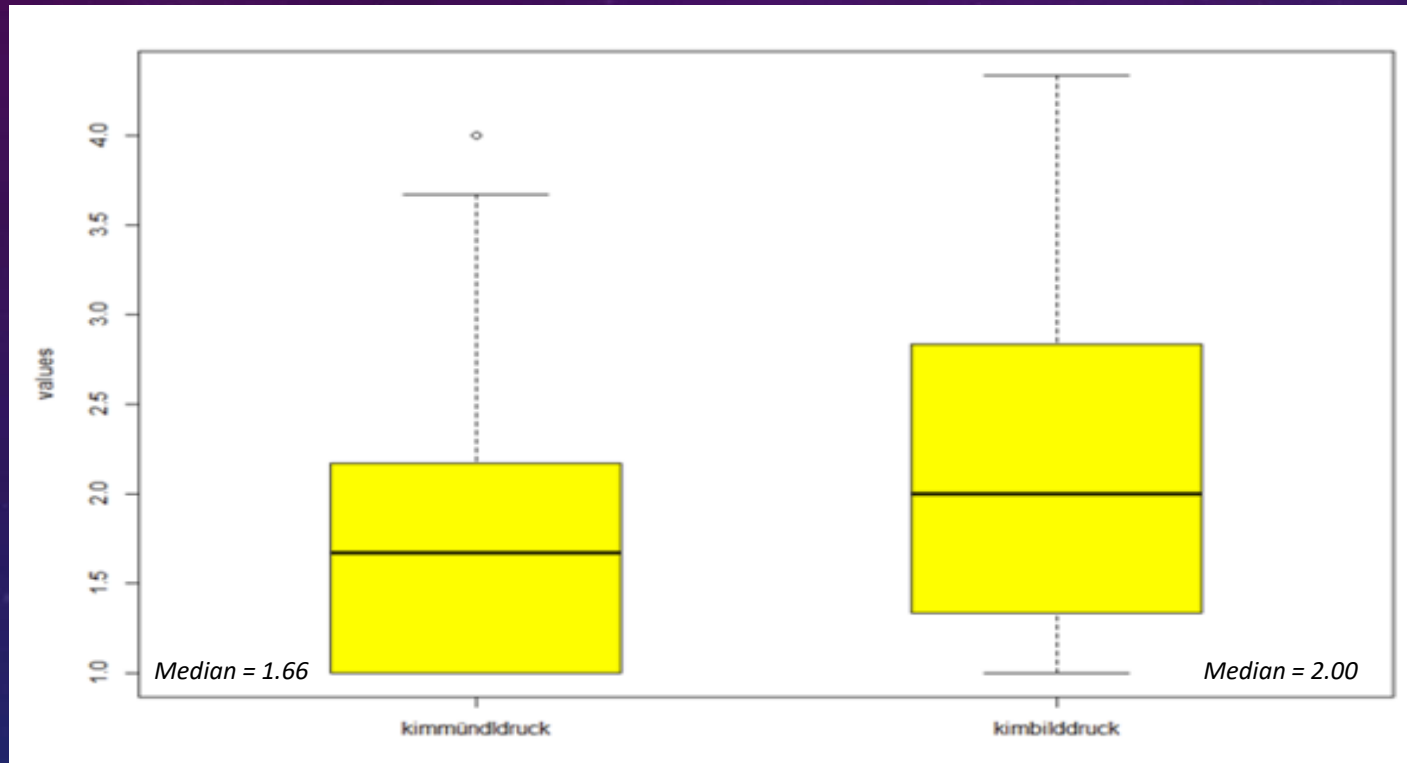
this significant effect is classified as a small effect according to cohen's d

- Students have to have a certain expertise in instructions given through image and text (Fankhauser-Inniger & Labudde-Dimmler, 2010)



# Results

The intervention group (accompanied by image and text intervention) felt significantly more pressure during the experimenting phase than the control group (accompanied by oral intervention).

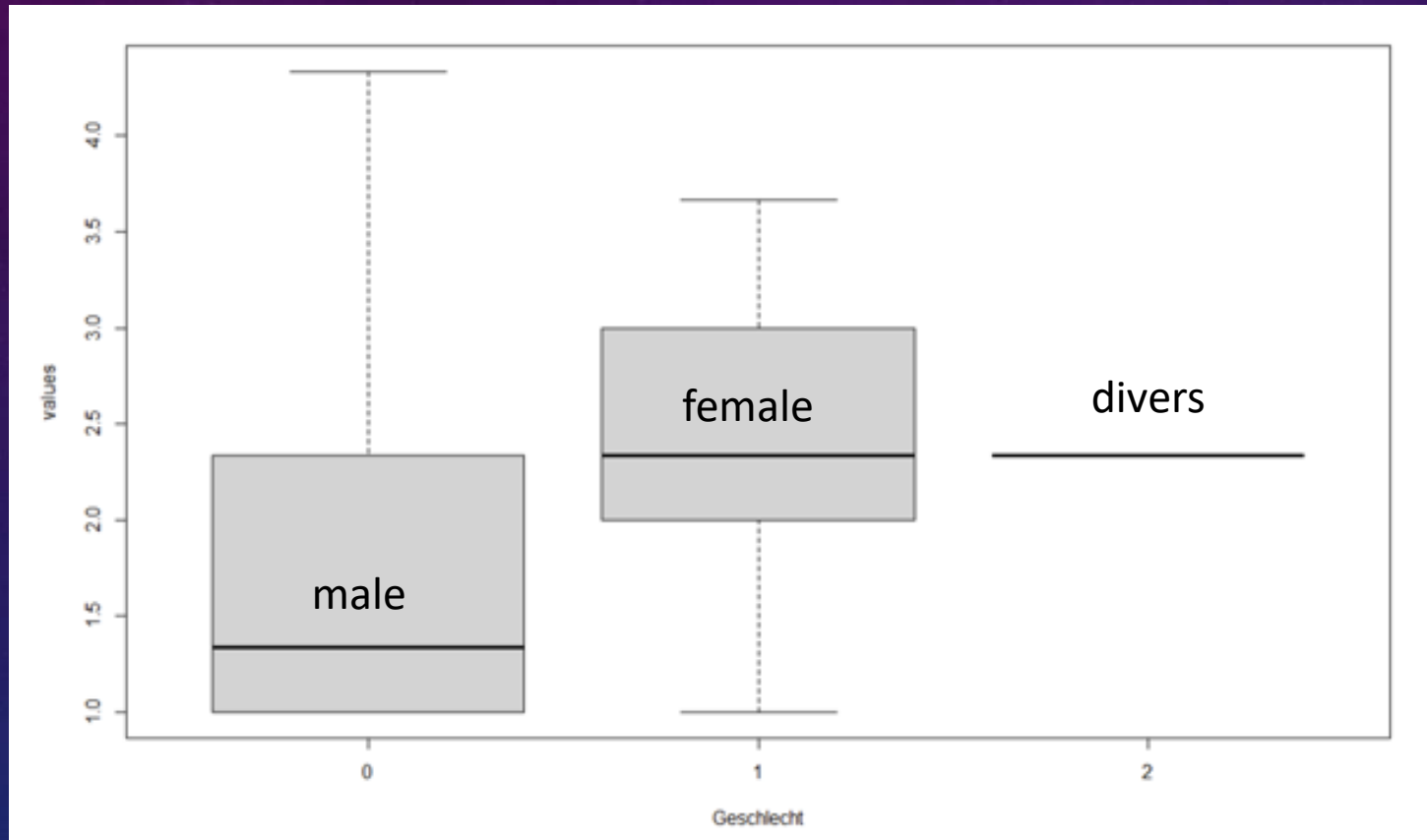


this significant effect is classified as a small effect according to cohen's d

- There are numerous studies that show that students who have to acquire knowledge by themselves do not have the desired success (usually due to helplessness and the task being too difficult) (Kirschner et al., 2006)

# Results

The female students within the intervention group (accompanied by image and text intervention) felt significantly more pressure than the male students in the same group.



this significant effect is classified as a medium effect according to cohen's d

- Female students generally see their MINT-skills in a more pessimistic light (Weinhardt, 2017)

Thank you for your attention







# Sources

- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O., & Neubrand, J. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftler Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bliesmer, K. (2020). *Physik der Küste für außerschulische Lernorte: Eine Didaktische Rekonstruktion*. Logos Verlag.
- Borowski, A., Kauertz, A., & Neumann, K. (2018). Guter Physikunterricht-von der Theorie zum Handeln. In D. Brovelli (Hrsg.), *Wirksamer Physikunterricht, Reihe Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*, Band 08. V Reinhardt; M. Rehm; M. Wilhelm (Reihenherausgeber) (S. 37–48). Schneider Verlag.
- Cohen, J. W. (1992). *Analysis of Random Walks*. IOS Press.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Plenum Press.

# Sources

- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2016). *Lehrplan 21. Natur, Mensch, Gesellschaft*. Luzern. [https://v-fe.lehrplan.ch/container/V\\_FE\\_DE\\_Fachbereich\\_NMG.pdf](https://v-fe.lehrplan.ch/container/V_FE_DE_Fachbereich_NMG.pdf)
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Logos Verlag.
- Faulstich-Wieland, H., (2009). Gender und Naturwissenschaften-Geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Schule. In T. Schweiger & T. Hascher (Hrsg.), *Geschlecht, Bildung und Kunst. Chancengleichheit in Unterricht und Schule* (S. 41–60). Springer Verlag.
- Fischer, H. E., & Härtig, H. (2018). Physikunterricht muss sich stetig anpassen und weiterentwickeln. In D. Brovelli (Hrsg.), *Wirksamer Physikunterricht, Reihe Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*, Band 08. V Reinhardt; M. Rehm; M. Wilhelm (Reihenherausgeber) (S. 59-71). Schneider Verlag.



# Sources

- Fankhauser-Inniger, R., & Labudde-Dimmler, P. (2010). Bildrezeption und Bildkompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht: Herausforderungen und Desiderata. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(6), 849–860.
- Girwidz, R., Watzka, B., & Erb, R. (2018). Wirksamer Physikunterricht bildet die Struktur der Physik ab und fördert die Persönlichkeitsentwicklung. In D. Brovelli (Hrsg.), *Wirksamer Physikunterricht, Reihe Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*, Band 08. V Reinhardt; M. Rehm; M. Wilhelm (Reihenherausgeber) (S. 72–83). Schneider Verlag.
- Guderian, P. (2006). *Wirksamkeitsanalyse außerschulische Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik* [Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin]. <https://d-nb.info/984300090/34>

# Sources

- Höttecke, D. (2012). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 32–45). [https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP\\_Band33.pdf](https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band33.pdf)
- Kircher, E., Girwidz, R., & Fischer, H. E. (Hrsg.) (2020). *Physikdidaktik Grundlagen* (4. Auflage). Springer Spektrum.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. In *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse. Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(3), 387–406. [https://www.pedocs.de/volltexte/2012/5958/pdf/ZfPaed\\_1999\\_3\\_Krapp\\_Intrinsische\\_Lernmotivation.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2012/5958/pdf/ZfPaed_1999_3_Krapp_Intrinsische_Lernmotivation.pdf)

# Sources

- Pawek, C. (2019). 20 Jahre Schülerlabore an Hochschulen und anderen Einrichtungen: Eine wissenschaftlich fundierte Erfolgsgeschichte. In C. Driesen & A. Ittel (Hrsg.), *Der Übergang in die Hochschule: Strategien, Organisationsstrukturen und Best Practices an deutschen Hochschulen* (S. 143–157). EBSCO Industries Inc.
- Schüttler, T., Watzka, B., Girwidz, R., & Ertl, B. (2021). Die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse und die Relevanzwahrnehmung beim Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 109–125.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40573-021-00128-z>
- von Aufschnaiter, C. (2018). Schülerorientierter Physikunterricht. In D. Brovelli (Hrsg.), *Wirksamer Physikunterricht, Reihe Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*, Band 08. V Reinhardt; M. Rehm; M. Wilhelm (Reihenherausgeber) (S. 25–36). Schneider Verlag.

Weiterführende Informationen sämtlicher Quellen aus dem Literaturverzeichnis der schriftlichen Masterarbeit von Brigitte Kneuss



# Grundlagen aus der Literatur

- Ausserschulische Lernorte/MINT-Schülerlabore (Kircher et al., 2020) u.a.
- Schülerlabor iLab am PSI (PSI, 2023)
- Ansatz des aktiv-entdeckenden Lernens beim Experimentieren (Wulf et al., 2020) u.a.
- Motivation (Rheinberg & Vollmeyer, 2019) u.a.
- Interesse (Dimensionen: epistemisch, emotional, wertbezogen und themenbezogen) (Girwidz & Ertl, 2021) u.a.
- Alter, Geschlecht, Leistung (Höttecke et al., 2017) u.a.
- Verortung des Schalls im Lehrplan21 (D-EDK, 2016)
- Didaktische Rekonstruktion des ausserschulischen Lernortes iLab am Paul Scherrer Institut (Wilhelm et. al., 2011) u.a.

# Definition: Selbstgesteuertes Lernen

Selbstgesteuertes Lernen von Schülerinnen und Schüler ist, wenn sie den Lernprozess selbst in die Hand nehmen. Sie planen ein Vorhaben, suchen nach Informationen, entwickeln Lösungen, überwachen und bewerten Ihre Lernprozesse und -resultate selbstständig. Die Lehrperson unterstützt minimal oder gar nicht.

Quelle: Konrad, Klaus/Traub, Silke (2021): Selbstgesteuertes Lernen. Grundwissen und Tipps für die Praxis. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren

# Methodisches Vorgehen

## Grundsätzliches

- Quantitativer Ansatz, Datenerhebung mit Fragebogen und Auswertung mit Statistik mit R
- Fragebogen (Pre- und Posttest)

- Pretest: 19 Items (4-7 Minuten)

- Posttest: 35 Items (7-9 Minuten)

2. Interesse (emo1-4)		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
2.1	Das Thema Schall finde ich sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Fragen zum Interesse (versch. Dimensionen) und der Motivation zum Thema Schall:

- Fragebogen zu den Interessensdimensionen in Anlehnung an Schmid (2023)

- Fragebogen zur Kurzskala intrinsischer Motivation in Anlehnung an Wilde et al. (2009)

- Allgemeine Informationen: Alter, Geschlecht und letzte Zeugnisnote in NT bzw. Physik

- Umsetzung: Erklärung des Deckblattes, anonymisiert und spontane Antworten

# Fragebogen Pretest/Posttest Interesse

2. Interesse (emo1-4)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
2.1	Das Thema Schall finde ich sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Ich bin auf das Thema Schall gespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	Ich finde das Thema Schall langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Das Thema Schall bereitet mir Freude.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Interesse (wert1-3)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
3.1	Das Thema «Schall» ist für mich von persönlicher Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Ich finde es wichtig, solche Themen wie dieses kennen zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Mich mit dem Thema «Schall» zu beschäftigen, finde ich sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 1 und 2: Fragebogen zum Interesse von Schmid (2023)



# Fragebogen Pretest/Posttest Interesse

## 4. Interesse (them1-3)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
4.1	Das Thema Schall ist interessant, weil es mit meinem Leben zu tun hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	Dieses Thema ist wichtig für mich, da ich einen Einblick erhalte, wo Schall in meinem Alltag vorkommt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3	Dieses Thema finde ich gut, weil ich es auch ausserhalb der Schule gebrauchen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 5. Interesse (epist1-3)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
5.1	Beim Lesen des Themas habe ich interessante Anregungen erhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2	Ich würde gerne mehr über das Thema des Schalls erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	Mit solch einem Thema würde ich mich auch in meiner Freizeit beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 3 und 4: Fragebogen zum Interesse von Schmid (2023)

# Fragebogen Posttest Motivation

## 6. Motivation (vergn1-3)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
6.1	Die Tätigkeit im Schülerlabor hat mir Spass gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Ich fand die Tätigkeit im Schülerlabor sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3	Die Tätigkeit im Schülerlabor war unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 7. Motivation (komp1-3)

		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
7.1	Mit meiner Leistung im Schülerlabor bin ich zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	Bei der Tätigkeit im Schülerlabor stellte ich mich geschickt an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	Ich glaube, ich war bei der Tätigkeit im Schülerlabor ziemlich gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Table 5 und 6: Kurzskala intrinsischer Motivation (Wilde et al., 2009, S. 45)

# Fragebogen Posttest Motivation

8. Motivation (frei1-3)						
		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
8.1	Ich konnte die Tätigkeit im Schülerlabor selbst steuern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	Bei der Tätigkeit im Schülerlabor konnte ich wählen, wie ich es mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.3	Bei der Tätigkeit im Schülerlabor konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Motivation (druck1-3)						
		Trifft überhaupt nicht zu	Trifft eher nicht zu	Weder noch	Trifft eher zu	Trifft voll und ganz zu
9.1	Bei der Tätigkeit im Schülerlabor fühlte ich mich unter Druck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.2	Bei der Tätigkeit im Schülerlabor fühlte ich mich angespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.3	Ich hatte Bedenken, ob ich die Tätigkeit im Schülerlabor gut hinbekomme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 7 und 8: Kurzskala intrinsischer Motivation (Wilde et al., 2009, S. 45)

# Beispiel: Anleitung mit Bild und Text

## Experiment 2:

### Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Materialien

Wie lange braucht der Schall, um vom Schallgeber durch einen Holz- oder Plexiglasstab zum Schallempfänger zu gelangen? Auf dem Oszilloskop ist diese Schalllaufzeit die Zeitdauer zwischen dem kleinen Stampfteil und dem Anfang des Signals.

- Nimm die beiden Schallsonden von ihrer Halterung und leg den Holz- oder Plexiglasstab zwischen die Sonden.
- Drück die Sonden leicht (!) gegen die Enden des Stabs, damit das Signal auf dem Oszilloskop gut sichtbar wird.
- Dreh an den beiden Knöpfen «Änderung Zeitintervall» und «Horizontalschiebung», bis du die Schalllaufzeit so gross wie möglich auf dem Bildschirm siehst.
- Berechne die Zeit; Anzahl Kästchen  $\times$  «Zeitintervall».
- Achte auf die Massseinheit (ms,  $\mu$ s, ns) und rechne den Wert in Sekunden [s] um.
- Berechne die Schallgeschwindigkeit  $v = \frac{\text{Strecke } s}{\text{ZEIT}}$  in Meter pro Sekunde [m/s]. Die Stäbe sind 1 Meter lang.



Was stellst du fest, wenn du deinen berechneten Wert mit der Schallgeschwindigkeit in Luft vergleichst?



Du kannst den Schall auch hören, wenn du dir den Holzstab direkt ans Ohr hältst.

→ Führe dieses Experiment auch mit anderen Materialien durch, zum Beispiel mit einem mit Gas ( $\text{CO}_2$  oder Helium) gefüllten Ballon. Vergleich anschliessend die Schallgeschwindigkeiten.

Schülerlabor Lab // Experimente mit Schallwellen 5



# Stichprobe

## Kontrollgruppe (mündliche Instruktionen)

<b>Stichprobe (N)</b>	<b>95 Probandinnen und Probanden</b>
<b>Durchschnittliches Alter (gerundet)</b>	16 Jahre
<b>Geschlecht: weiblich</b>	40.00%
<b>Geschlecht: männlich</b>	60.00%
<b>Durchschnittliche Leistung im letzten Zeugnis in Natur und Technik oder Physik</b>	4.85
<b>Dauer der Experimentierphase</b>	100-110 Minuten
<b>Tageszeit der Experimentierphase</b>	Zwischen 10.00 Uhr und 12.30 Uhr

## Interventionsgruppe (Instruktion durch Bild und Text)

<b>Stichprobe (N)</b>	<b>64 Probandinnen und Probanden</b>
<b>Durchschnittliches Alter (gerundet)</b>	16 Jahre
<b>Geschlecht: weiblich</b>	53.12%
<b>Geschlecht: männlich</b>	45.31%
<b>Geschlecht: divers</b>	1.56%
<b>Durchschnittliche Leistung im letzten Zeugnis in Natur und Technik oder Physik</b>	4.80
<b>Dauer der Experimentierphase</b>	100-110 Minuten
<b>Tageszeit der Experimentierphase</b>	Zwischen 10.00 Uhr und 12.30 Uhr

Tabelle 9 und 10: Eigene Darstellung