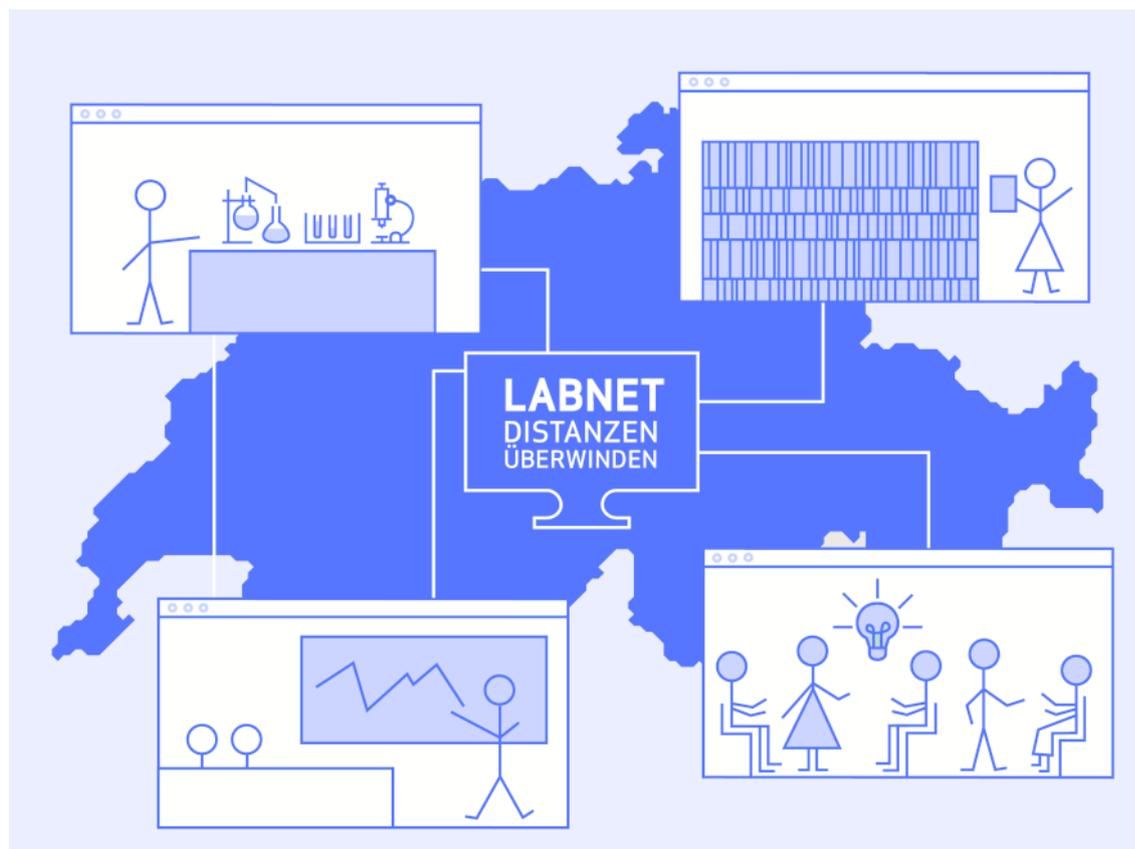


BeLEARN-Projekt «LabNet - Anwendungsszenarien»¹ Ergebnisreport

24. Juli 2024

Uwe Dirksen (PHBern), Andrea Wirthensohn (PHBern), Andrea Fritschi (PHBern), Corinne Reber (PHBern), Robert Michler (BFH)



Das Dokument steht unter der Lizenz [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

¹ Das [Projekt LabNet](https://belearn.swiss) wurde vom [Verein BeLEARN](https://belearn.swiss) (<https://belearn.swiss>) gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien»	4
2.1	Ausgangslage und Zielsetzung	4
2.2	Projektdaten	5
2.3	Arbeitspakete	5
2.4	Aktivitäten	5
3	Arbeitspaket AP2 – Anwendungsszenarien	6
3.1	Hybride Kommunikationssettings	7
3.1.1	Kommunikationssetting «Schule – mini»	7
3.1.2	Kommunikationssetting «Schule – midi»	8
3.1.3	Szenario maxi	10
3.1.4	Kommunikationssetting «Schule – maxi plus»	12
3.1.5	Kommunikationssetting «Schule – expert»	14
3.1.6	Zusammenfassung	15
3.2	Making Projekte mit Schulen	16
3.2.1	Schule Muri (Zyklus 3 / 7. Klasse / 25 SuS)	16
3.2.2	Schule Lenk (Zyklus 3 / 7. Klasse / 10 SuS)	17
3.2.3	Schule Sonnenhof (Zyklus 2 / 5. Klasse / 25 SuS)	19
3.2.4	Zusammenfassung	20
4	Arbeitspaket AP3 – Evaluation	21
4.1	Ergebnisse aus den Leitfadeninterviews	21
4.2	Ergebnisse aus den Reflexionsfragen der Schüler*innen	23
4.2.1	Zusammenfassung	24
5	Arbeitspaket AP4 – Aufbau des LabNet	25
5.1	Anpassung LabNet-Konzept	25
5.1.1	Aktivitäten aus dem LabNet-Konzept	25
5.1.2	Notwendige Anpassungen des LabNet-Konzepts	26
5.2	Bewerbung der LabNet Idee und Suche von Partnern für den Aufbau des LabNet	26
5.3	Zusammenfassung	27
6	Anhang	28
6.1	Hardware- und Softwareliste zu den hybriden Kommunikationssettings	28
6.1.1	Hardware	29
6.1.2	Software	31
6.2	Hardware- und Softwareliste zu den Making-Projekten	32
6.2.1	Hardware	32
6.2.2	Software	33

1 Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Ergebnisse des [BeLEARN-Projekts «LabNet – Anwendungsszenarien»](#).

Im Rahmen von [BeLEARN](#) wurde von mehreren Hochschulen das [Projekt «LabNet – Offener Laborverbund»](#) durchgeführt. In diesem Projekt wurde das Konzept eines verteilten Labornetzwerks «LabNet» entwickelt, das den Paradigmen «Distanzen überwinden» und «Das Rad nicht neu erfinden» folgt. Des Weiteren wurden potenzielle Anwendungsszenarien entworfen, wie das LabNet genutzt werden kann.

Im Anschluss wurde das Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien» durchgeführt. Es diente dazu, Anwendungsszenarien in Schulen zu testen und somit auch das LabNet-Konzept weiterzuentwickeln. Daneben wurden Online-Kommunikationssettings entwickelt und getestet. Diese bilden ein wichtiges Element in einem LabNet, das verstärkt Online-Kommunikation einsetzt, um unnötige Wege zu vermeiden.

Kontakt

Dr. Uwe Dirksen
Pädagogische Hochschule Bern
uwe.dirksen@phbern.ch

2 Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien»

2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Lernlabore und hier insbesondere Maker-Spaces sind Lernräume, die oftmals spezielle Hardware oder Software zur Verfügung stellen. Somit gestaltet sich der Betrieb eines Lernlabors bzw. Maker-Spaces aufwändig. Möchte man eine gewisse Angebotsbreite anbieten, sind hohe Investitionen notwendig und es wird eine passende Infrastruktur, insbesondere hinsichtlich Räumlichkeiten, benötigt. Ist ein Lernlabor eingerichtet, ist der Durchsatz verhältnismässig gering, da Einweisungen stattfinden müssen oder Geräte wie z.B. 3D-Drucker relativ langsam arbeiten. Möchte man als Nutzerin oder Nutzer ein Lernlabor besuchen, muss ein passendes Angebot gefunden und besucht werden. Dafür ist gerade im Schulumfeld eine aufwändige Planung notwendig und es muss viel Zeit investiert werden. Die Problematik kann entschärft werden, wenn sich vorhandene Lernlabore zu einem Netzwerk, einem LabNet, zusammenschliessen und bspw. folgendes Angebot anbieten:

1. Bereitstellung von an einem Standort erarbeiteten Angeboten an weiteren Standorten im LabNet. Möglichst viele Informationen und Angebote sollten online bzw. virtuell verfügbar sein.
2. Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Lernlaboren und auch die Kommunikation mit den Nutzer*innen sollen vornehmlich durch hybride Kommunikation erfolgen. Die notwendige An-/Abreise entfällt, womit sich die potenzielle Teilnehmergruppe vergrössert.
3. Angebot von Kursen, die über verschiedene Standorte verteilt sind
4. Remote Maker-Space: Fernzugriff auf Geräte und Versuche

Im [Projekt «LabNet – Offener Laborverbund»](#) wurde ein Konzept für ein derartiges LabNet erstellt und auch Anwendungsszenarien für Hochschulen und Schulen als Nutzende eines LabNet entwickelt. In dem Projekt wurden die Anwendungsszenarien nicht umgesetzt, sondern nur konzeptionell beschrieben. Entsprechend fehlten praktische Erfahrungen in ihrer Umsetzung.

Ebenso konnten Kommunikationssettings, die auch eine tragende Säule des LabNet-Gedankens sind, nicht erstellt, eingesetzt und optimiert werden. Die Kommunikationssettings sind notwendig, um das LabNet-Paradigma «Distanzen überwinden» umzusetzen. Wenn ein Treffen vor Ort nicht möglich ist, soll der Austausch anwendungsgerecht per Video- und Audiokanälen erfolgen. Dabei werden in der Regel Kollaborationswerkzeuge wie z.B. Microsoft Teams oder Zoom eingesetzt. Unterschieden wird zwischen

- Online-Kommunikation und
- hybrider Kommunikation.

Bei der Online-Kommunikation befindet sich an jedem Standort nur eine Person, während sich bei der hybriden Kommunikation an mindestens einem Standort mehrere Personen befinden. Die hybride Kommunikation ist anspruchsvoller, entspricht aber mehr realen Anwendungsszenarien. Der Austausch in einem Lernlabor ist vielfältig. Es kann eine einfache Diskussion zwischen 2 Personen sein. Es können sich aber auch zwei Projektgruppen treffen, um ihre realen Produkte in Aktion vorzustellen und daneben noch eine Simulation zur Exploration einzusetzen. Diese Vielfalt gilt es in den Online- und hybriden Kommunikationssettings abzubilden und zu ermöglichen. Entsprechend ist ein Set an Online- und hybriden Kommunikationssettings notwendig. Für eine einfache Kommunikation ist ein simples Setting verfügbar und für komplexere Austauschszenarien kann zwischen verschiedenen aufwändigeren Settings das passende ausgewählt werden. Mehr dazu findet sich im Kapitel 3.1

Forschende der PHBern und der BFH haben sich in dem Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien» zusammengeschlossen, um Antworten auf die zwei Kernfragen.

1. Wie können Making-Projekte als Anwendungsszenario in einer Schule umgesetzt werden?
2. Wie kann ein Set an Online-Kommunikationssettings für Volksschulen aussehen?

zu erarbeiten und die erstellten Konzepte auch in der Praxis zu untersuchen.

2.2 Projektdaten

Projektleitung

Dr. Uwe Dirksen, Pädagogische Hochschule Bern, uwe.dirksen@phbern.ch

Projektteam

Pädagogische Hochschule Bern (PHBern)

- Dr. Uwe Dirksen
- Andrea Fritschi
- Corinne Reber
- Andrea Wirthensohn

Berner Fachhochschule (BFH)

- Robert Michler

Laufzeit

01.04.2023 bis 31.05.2024

Förderung

Das Projekt wurde von BeLEARN der Pädagogischen Hochschule Bern und der Berner Fachhochschule gefördert.

2.3 Arbeitspakete

Das Projekt bestand aus vier Arbeitspaketen:

AP1: Administration

- Administration und Dissemination des Projekts

AP2: Anwendungsszenarien

- An drei Schulen wird ein Making-Projekt mit potenziellen Angeboten und Dienstleistungen des LabNet durchgeführt.
- Entwicklung von Settings zur niederschweligen hybriden Kommunikation

AP3: Evaluation

- Evaluation des Mehrwerts des LabNet für Schulen durch Umsetzung von potenziellen Angeboten und Dienstleistungen des LabNet mit Schulen

AP4 LabNet Aufbau

- Anpassung LabNet-Konzept
- Bewerbung der LabNet Idee und Suche von Partnern für den Aufbau des LabNet

2.4 Aktivitäten

- [Beitrag in «Berner Schule» 02/2024](#) des Berufsverbands Bildung Bern
- Beitrag in «BILDUNG SCHWEIZ» (November 2024) in Planung
- [LabNet-Angebot 2024](#) des Think Tank Medien und Informatik (TTIM) der PH Bern für Lehrpersonen

3 Arbeitspaket AP2 – Anwendungsszenarien

Das Projekt diente u.a. zur Evaluierung der im LabNet-Konzept definierten Dienstleistungskategorien:

- Bereitstellung von Kompetenzen,
- Ausleihe von Geräten und
- Auftragsfertigung

an Volksschulen. Dazu wurde ein Making-Projekt zur Durchführung in Volksschulen als Anwendungsszenario gewählt. Das Projekt sollte grösstenteils innerhalb der Schule mit dort vorhandenen Geräten stattfinden. Falls notwendige Geräte an der Schule nicht verfügbar sind, sollten diese per Ausleihe zur Verfügung gestellt werden. Da nicht alle Geräte für die Ausleihe geeignet sind, sollen diese über Distanz genutzt werden. Den Schüler*innen wird das Gerät und der erforderliche Designprozess von einem Experten im Lernlabor per hybrider Kommunikation vorgestellt. Diese kommt auch zum Einsatz, wenn Probleme oder Rückfragen der Schüler*innen auftauchen. Die Fertigung der Produkte erfolgt in Auftragsfertigung im Lernlabor, wobei je nach Fertigungsverfahren die Fertigung auch per hybrider Kommunikation den Schüler*innen gezeigt werden kann. Eine Umsetzung der Making-Projekte erfolgte an verschiedenen Volksschulen, siehe Abschnitt 3.2.

Der Einsatz eines Geräts über Distanz ist dabei als Alternative mit Einschränkungen zu verstehen, wenn das Gerät an der Schule nicht verfügbar und die Schule weit vom nächsten Standort eines solchen Geräts entfernt ist. Für die Nutzung über Distanz wurden niederschwellige hybride Kommunikationsszenarien entwickelt. Der Schwerpunkt sowie die Herausforderung in den Settings liegt dabei auf der Gruppenkommunikation. Wie kann auf angenehme und effiziente Weise eine ganze Gruppe online erreicht werden? Welche Möglichkeiten gibt es, ein Labor und die Nutzenden über Distanzen zu erreichen?

Im anschliessenden Abschnitt 3.1 werden die erarbeiteten hybriden Kommunikationssettings vorgestellt. Zur Übersicht listet die Tabelle 1 die Hardware und Software auf, die in den Making-Projekten und für die hybride Kommunikation zum Einsatz kamen. Weitere Details zu Hardware und Software finden sich im Anhang, siehe Kapitel 6.1 und 6.2.

Hardware	Software
<p>Hybride Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerät (Laptop/Tablet/Smartphone o.ä.) • Kontrollzentrale, z. B. Stream Deck XL • USB Hub • Webcam, z. B. 2x BRIO 4K Stream Edition • Gruppenmikrofon, z. B. PHONUM / Wireless Bluetooth Speakerphone (beyerdynamic) • Adapter USB 3 zu USB-C (nur bei Mac: Verbindung PHONUM Gerät) • 2x Kamerastativ, z. B. Walimex pro 	<p>Hybride Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stream Deck • OBS Studio • MS Teams • Zoom
<p>Making-Projekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3D-Drucker, z. B. Original Prusa i3 MK3S+ • Lasercutter, z. B. xTool P2 Lasercutter • Schneideplotter, z. B. Silhouette Cameo 	<p>Making-Projekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • TinkerCAD • Silhouette Studio • Prusa Slicer • xTool Creative Space

Tabelle 1: Im Projekt verwendete Hardware und Software

3.1 Hybride Kommunikationssettings

Um dem LabNet-Paradigma «Distanzen überwinden» gerecht zu werden, soll die Nutzung von Geräten eines Lernlabors auch aus der Distanz ermöglicht werden, wobei dieses Projekt sich auf den Kontext Schule fokussierte. Um den Schulklassen Einblicke in den Arbeitsprozess und die Nutzung der Geräte zu zeigen, wurden verschiedene Kommunikationssettings entwickelt. Mit dem Begriff Kommunikationssettings sind in diesem Zusammenhang Geräteinstallationen wie Kameras, Laptops, Mikrofone etc. gemeint, die eine Kommunikation zwischen Laboren (z. B. LabSpace der PHBern) und einer Benutzergruppe wie (z. B. einer Schulklasse) ermöglichen. Dabei geht die Interaktion über die rein verbale Kommunikation hinaus. Vielmehr soll der Zugang zu ganzen Räumen und Geräten (z.B. 3D-Drucker, Lasercutter etc.) sowie Software (bzw. TinkerCAD) über die Distanz mit Hilfe dieses erarbeiteten Kommunikationssettings möglichst anschaulich, aber auch praktikabel ermöglicht werden. Das Angebot ermöglicht auch Schulen mit wenig finanziellen Ressourcen den Zugang und die Nutzung von teilweise kostspieliger Infrastruktur.

Insgesamt wurden fünf Kommunikationssettings erarbeitet. Sie unterscheiden sich in den Möglichkeiten, inwieweit die Kommunikation zwischen den Personen auch Geräte und Software dynamisch mit einbeziehen kann. Je vielfältiger die unterstützten Kommunikationsmöglichkeiten sind, desto komplexer ist aber auch der Aufbau und die Bedienung. Bei den komplexeren Kommunikationssettings wurde eine Kontrollzentrale integriert, die die Bedienung wesentlich erleichtert. Von den fünf entwickelten Kommunikationssettings wurden drei umgesetzt und getestet.

Die fünf erarbeiteten Settings und deren Einsatz werden hier kurz vorgestellt.

- Schule - mini (getestet)
- Schule - midi (getestet)
- Schule - maxi (getestet)
- Schule - maxi plus
- Schule - expert

3.1.1 Kommunikationssetting «Schule – mini»

Einsatzszenario:

Das Kommunikationssetting «Schule - mini» erlaubt es der Laborseite schnell und hochdynamisch vor Ort produzierte Objekte bzw. vorhandene Geräte zu zeigen. Mit Hilfe der Smartphone-Kamera und der App MS Teams wird die Verbindung zu den Nutzenden über MS Teams hergestellt. Das laufende Video wird bei den Nutzenden über den Beamer auf eine Leinwand projiziert, so dass eine Schulkasse die Präsentation bspw. eines Lasercutters verfolgen kann. Die Nutzenden führen die Kommunikation mit einem Notebook bzw. Tablet durch, wobei das Bild über einen Beamer mit der Schulklasse geteilt wird. Ist eine Kommunikation der gesamten Klassen mit der Laborseite erforderlich, erfolgt diese über eine Mittelsperson.

NUTZENDE



LABOR

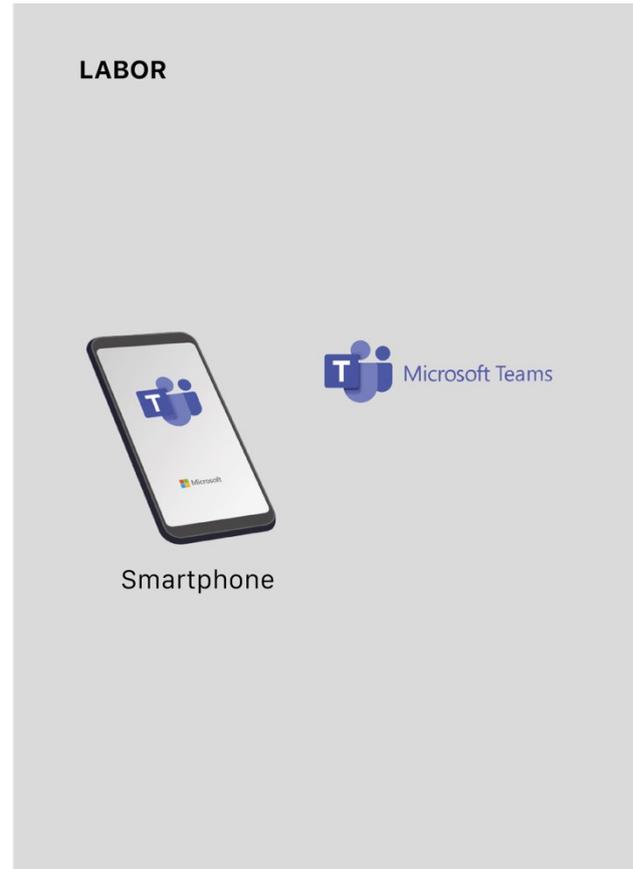


Abbildung 1: Kommunikationssetting "Schule – mini"

Hardware/Software:

Die Nutzenden benötigen folgende Hardware: Laptop oder Tablet und einen Beamer. Im Labor hingegen wird entweder ein Smartphone oder evtl. ein Tablet mit integrierter Kamera verwendet. Die notwendige Software für beide Parteien ist ein Kommunikationstool wie beispielsweise Microsoft Teams oder Zoom.

Vorteile:

Es handelt sich um eine niederschwellige Verbindungsform mit geringem Vorbereitungsaufwand. Die benötigte Soft- und Hardware ist meist bereits vorhanden.

Nachteile:

Die Bild- und Tonqualität kann ungenügend sein. Durch die Bewegung des Smartphones entsteht ein unruhiges Bild. Ebenso ist das Sichtfeld begrenzt und es existiert lediglich eine Kamerasicht.

Erfahrungswerte:

Die Erfahrungen zeigen, dass der Umgang mit Hardware wie Smartphones und Beamern sowie Softwareanwendungen wie MS Teams und Zoom heutzutage für viele Menschen zur Routine geworden ist. Daher erfordert diese Form der hybriden Kommunikation wenig Einarbeitungszeit. Das Setting ist schnell und niederschwellig einsetzbar und bietet schnelle Einblicke. Ein vorheriger Verbindungstest wird empfohlen.

3.1.2 Kommunikationssetting «Schule – midi»

Einsatzszenario:

Die Fachpersonen im Labor führen in eine Software, wie etwa TinkerCAD, ein und stehen den Nutzenden als Coaches zur Verfügung. Die Nutzenden können das übertragene Bild aus dem Labor über den Beamer mit der Gruppe teilen (z. B. zur Einführung einer Software). Während des Arbeitsprozesses

können die Nutzenden über die Laptopstation mit der Fachperson des Labors kommunizieren und so bspw. gezielt Fragen stellen.

NUTZENDE



LABOR

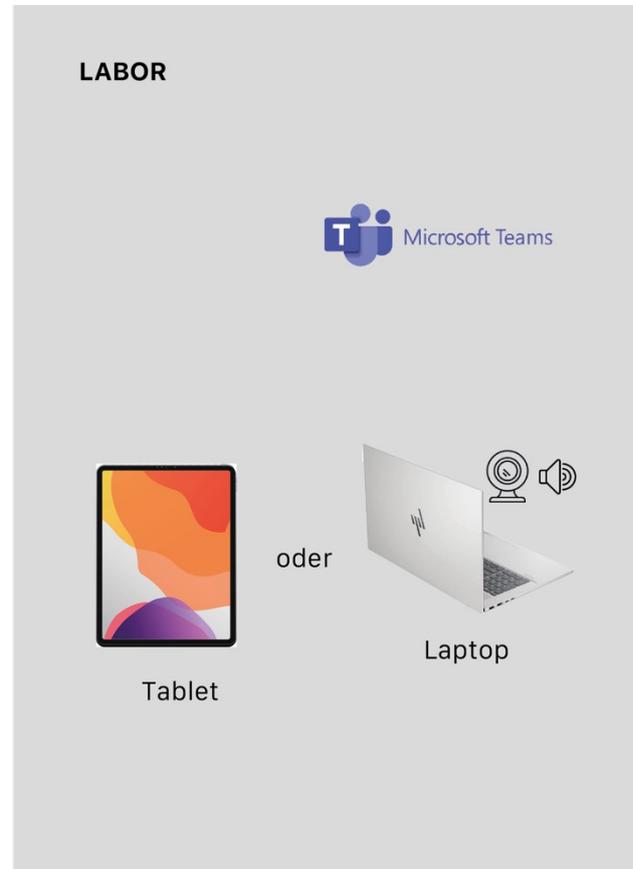


Abbildung 2: Kommunikationssetting "Schule – midi"

Hardware/Software:

Für die Nutzenden wird folgende Hardware benötigt: Laptop oder Tablet, Beamer und eine Laptopstation. Im Labor hingegen wird entweder ein Laptop oder Tablet mit integrierter Kamera verwendet. Die notwendige Software für beide Parteien ist ein Kommunikationstool wie beispielsweise Microsoft Teams oder Zoom.

Vorteile:

Die Vorteile dieser Methode umfassen eine niederschwellige Verbindungsform, wenig Vorbereitungsaufwand, da oft bereits standardmässig vorhandene Soft- und Hardware installiert sind. Zudem kann zwischen Bildschirmfreigabe und integrierter Kamera gewechselt werden und es besteht die Möglichkeit individuell mit einzelnen Nutzenden zu kommunizieren.

Nachteile:

Die Tonqualität kann unzureichend sein.

Erfahrungswerte:

Erfahrungen zeigen, dass eine unzureichende WLAN-Verbindung zu Schwierigkeiten führt. Eine stabil funktionierende WLAN-Verbindung ist essenziell, sobald Laptops oder Tablets im Einsatz sind. Für den Austausch mit Schülerinnen und Schülern ist es wichtig, dass die Fachperson zu Beginn der Sequenz mit Bild vorgestellt wird, um Hemmungen bei den Nutzenden abzubauen.

3.1.3 Szenario maxi

Einsatzszenario:

Eine Fachperson auf der Laborseite stellt einer Schulklasse ein Gerät wie z.B. den Lasercutter vor und zeigt dabei auch den gesamten Produktionsprozess. Dies umfasst die Dateiaufbereitung in der Design-Software (z.B. xTool), den Verbindungsaufbau und Dateiversand an das Gerät (z.B. Lasercutter), den Ablauf der Produktion und die Präsentation des Ergebnisses. Dafür werden verschiedene Kameraeinstellungen benötigt, wie z.B. Bildschirmaufnahme, Totale der Einrichtung und Nahaufnahme. Auf Seite der Schulklasse wird das Bild über einen Beamer geteilt. Falls Fragen in grosser Runde existieren, werden diese über die Lehrperson an die Fachperson übermittelt. Darüber hinaus steht die Fachperson den Nutzenden zudem als Coach über die bereitgestellte Laptopstation zur Verfügung.

NUTZENDE

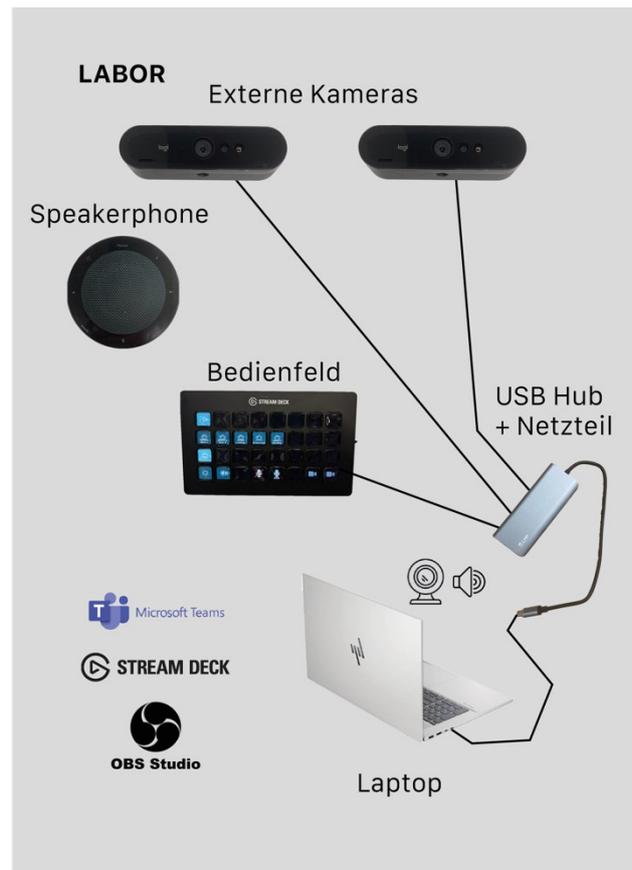


Abbildung 3: Kommunikationssetting "Schule – maxi"

Hardware/Software:

Für die Nutzenden wird folgende Hardware benötigt: Laptop oder Tablet, Beamer und eine Laptopstation. Als Kommunikationstool wird Microsoft Teams oder Zoom verwendet.

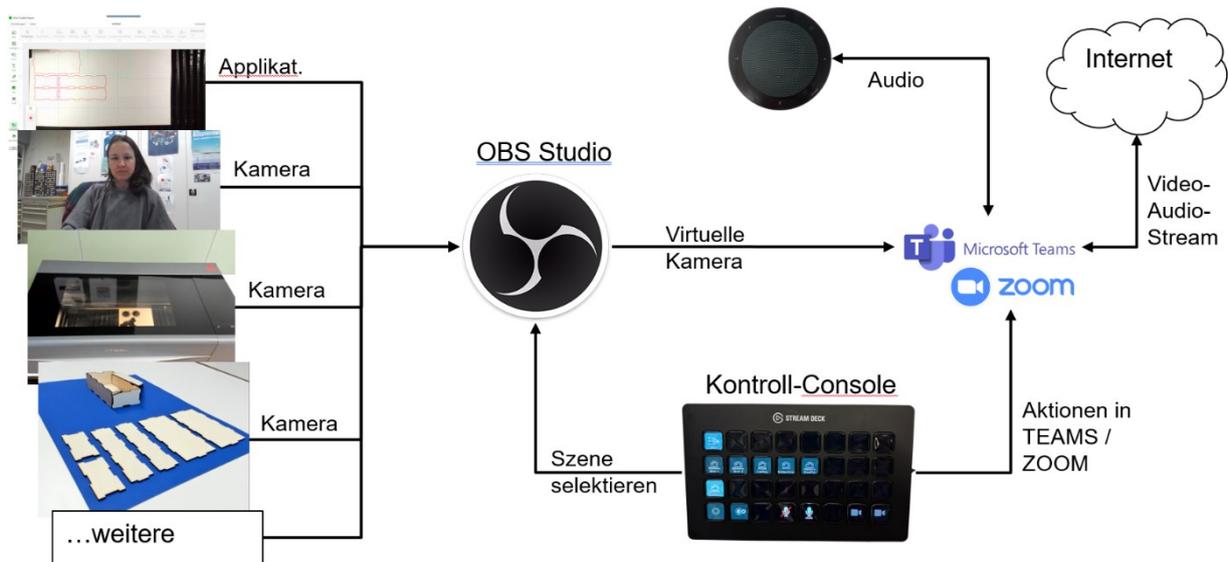


Abbildung 4: Laborseite des Kommunikationssetting "Schule - Maxi"

Auf Seiten des Labors ist das Kommunikationssetting komplizierter gestaltet, siehe Abbildung 4. In diesem Setting sollen die Inhalte der Laborseite in einer möglichst guten Qualität übertragen werden, so dass die Nachteile aus den Settings «Schule – mini» und «Schule – midi» möglichst reduziert werden. Auf der Laborseite müssen verschiedene Inhalte übertragen werden, die im Folgenden Szenen genannt werden:

- Szene mit der Fachperson im Bild
- Szenen, die verschiedenen Softwareapplikationen einzeln oder kombiniert in einem Bild zeigen
- Szenen, die bspw. das Gerät, hergestellte Produkte und Verbrauchsmaterialien oder auch Nahaufnahmen von verschiedenen Komponenten zeigen

Der Wechsel zwischen diesen Szenen ist für eine einzelne Fachperson zu zeitaufwändig und kompliziert. Es treten schnell Fehlbedienungen auf, so dass der Austausch mit der Schulseite gestört wird. Aus diesem Grund werden die Software OBS-Studio und ein Stream Deck XL Gerät als Kontroll-Console dem Setting hinzugefügt. Die Software OBS-Studio erlaubt die Zusammenstellung von Szenen, die aus verschiedenen Quellen zusammengesetzt werden können. Diese Quellen können bspw. angeschlossene Kameras oder auch Fenster von laufenden Softwareapplikationen sein. Die aktuell selektierte Szene wird von OBS-Studio als virtuelle Kamera bereitgestellt. Diese kann wiederum von der Kommunikationssoftware Microsoft Teams oder Zoom als Kamera eingebunden werden. Durch den Einsatz von OBS-Studio können die notwendigen Inhalte in guter Qualität übertragen werden. Des Weiteren kann durch Wechsel zwischen den Szenen schnell zwischen den Inhalten gewechselt werden. Bei der Darstellung von Softwareapplikationen ist von Vorteil, dass der Mauszeiger ebenfalls im Bild angezeigt wird. Dieser kann somit bei der Vorstellung der Software als Zeigelinstrument verwendet werden, so dass die Schülerinnen und Schüler den Erläuterungen gut folgen können.

Der Wechsel zwischen den Szenen in OBS-Studio und die Bedienung der Kommunikationssoftware stellt weiterhin eine Quelle der Fehlbedienung dar. Diese wird durch Einsatz eines Stream Deck XL als Kontroll-Console weiter reduziert. Die Kontroll-Console bietet 32 Tasten, mit denen Funktionen aktiviert bzw. deaktiviert werden können. In dem Kommunikationssetting wird jede Szene auf eine einzelne Taste gelegt. Durch Betätigung der Taste wird die Szene ausgewählt und das dazugehörige Bild an die Schulseite übertragen. Weitere Tasten sind mit Funktionen zur Steuerung von Microsoft Teams bzw. Zoom belegt. Das Mikrofon kann bspw. ein- bzw. ausgeschaltet oder auch der Call beendet werden. Der Aufbau und die Einrichtung des Settings ist aufwändiger und somit zeitintensiver. Es erhöht aber die Qualität des Austausches erheblich.

Auf der Laborseite wird folgende Hardware verwendet: Laptop mit integrierter Kamera, externe Kamera(s) wie z.B. 2x Logitech Brio Stream 4K, Bedienfeld wie z.B. Stream Deck XL, Speakerphone wie

z.B. Phonum von Beyerdynamic, USB-Hub mit Netzteil, um die Stromversorgung zu gewährleisten bei vielen angeschlossenen Geräten.

Als Software wird im Labor zusätzlich OBS-Studio und die Konfigurationssoftware Stream Deck verwendet.

Vorteile:

Die Vorteile dieser Methode umfassen mehrere Kameraansichten, gute Tonqualität und die Möglichkeit, den Ablauf mit verschiedenen Softwareapplikationen sowie Hardware zu zeigen.

Nachteile:

Das Einrichten des Settings auf der Laborseite ist zeitintensiv, es sind Kenntnisse im Umgang mit der Software OBS-Studio und der Konfigurationssoftware des Stream Deck erforderlich, ein Testdurchlauf ist notwendig und es ist ungeeignet für spontane Einsätze.

Erfahrungswerte:

Erfahrungen zeigen, dass eine unzureichende WLAN-Verbindung zu Schwierigkeiten führt. Eine stabil funktionierende WLAN-Verbindung ist essentiell, sobald Laptops oder Tablets im Einsatz sind. Zudem ist es wichtig, dass die Fachperson zu Beginn der Sequenz mit Bild vorgestellt wird, um mögliche Hemmungen bei den Nutzenden abzubauen. Für die Einrichtung und Erprobung des Settings ist ausreichend Zeit einzuplanen.

3.1.4 Kommunikationssetting «Schule – maxi plus»

Einsatzszenario:

Ein mögliches Einsatzszenario sieht vor, dass alle Nutzenden individuell an einem Teams- oder Zoom-Meeting teilnehmen und direkt mit der Gruppe sowie den Fachpersonen interagieren können. Das Bild aus dem Labor kann zudem via Beamer mit der gesamten Gruppe geteilt werden. Die Fachperson im Labor unterstützt die Nutzenden bei der Arbeit bzw. mit den Softwareprogrammen und steht für individuelle Fragen zur Verfügung. Die Nutzenden können während der Produktionsphasen direkt Fragen an die Fachperson richten und bspw. ihren Bildschirm freigeben, um die Hilfestellung zu erleichtern.

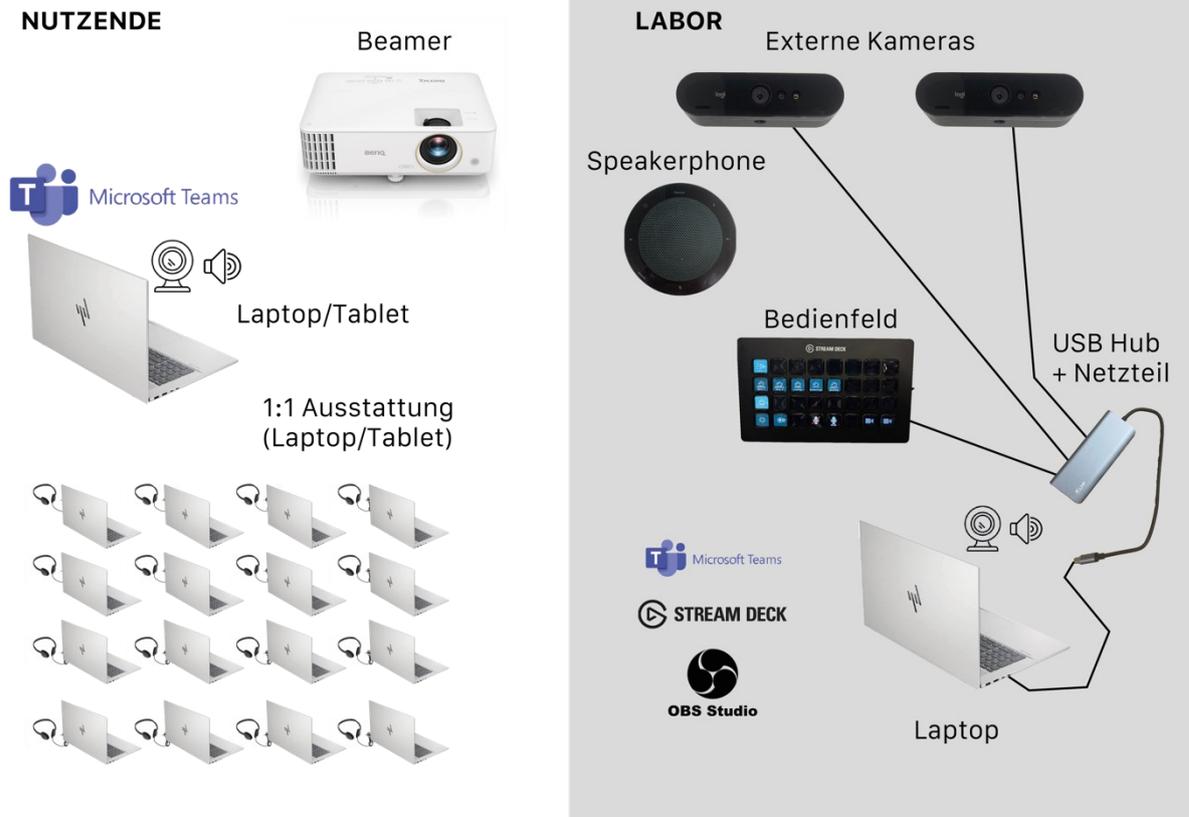


Abbildung 5: Kommunikationssetting "Schule – maxi plus"

Hardware/Software:

Die Hardware für die Nutzenden umfasst Laptops oder Tablets inkl. Kopfhörer, Beamer, eine 1:1-Ausstattung, sodass alle Schülerinnen und Schüler ein eigenes Gerät nutzen können. Im Labor hingegen wird folgende Hardware verwendet: Laptop mit integrierter Kamera, externe Kamera(s) wie z.B. 2x Logitech Brio Stream 4K, Bedienfeld wie z.B. Stream Deck XL, Speakerphone wie z.B. Phonum von Beyerdynamic, USB-Hub und Netzteil, um die Stromversorgung zu gewährleisten bei vielen angeschlossenen Geräten.

Die notwendige Software für beide Parteien ist ein Kommunikationstool wie Microsoft Teams oder Zoom. Im Labor kommen zusätzlich OBS-Studio (Erstellen von Szenen) und Stream Deck (zur Steuerung verschiedener Szenen) zum Einsatz. Das Setting auf der Laborseite entspricht dem des Kommunikationssettings «Schule – maxi».

Vorteile:

Die Vorteile dieses Setups sind, dass die Nutzenden ihren Bildschirm teilen können und Hilfestellungen oder Problemsuche erleichtert wird.

Nachteile:

Nachteile sind, dass das Einrichten des Settings zeitintensiv ist und es möglicherweise technische Hürden aufgrund der Vielzahl an Geräten gibt, was das Setting anfällig für Probleme macht.

Erfahrungswerte:

Das Kommunikationssetting wurde in diesem Projekt nicht eingesetzt und getestet. Allgemeine Erfahrungen zeigen, dass dieses Setting hohe Kompetenzen der Nutzenden im Umgang mit der Hardware und Software, wie bzw. dem Kommunikationstool oder auch Geräten, erfordert. Eine gewisse Routine im Umgang mit den Geräten und Programmen ist notwendig, und eine stabil funktionierende WLAN-Verbindung ist unerlässlich.

3.1.5 Kommunikationssetting «Schule – expert»

Einsatzszenario:

Ein mögliches Einsatzszenario sieht vor, dass alle Nutzenden als Gruppe an einem Teams- oder Zoom-Meeting teilnehmen und direkt mit der Gruppe sowie den Fachpersonen interagieren können. Der Einsatz eines Beamer ermöglicht es, das Bild aus dem Labor mit der gesamten Gruppe zu teilen. Die Fachperson im Labor kann den Prozessablauf an den Geräten oder in der Software demonstrieren, während die Nutzenden dank der Meeting Owl freisprechen und interagieren können.

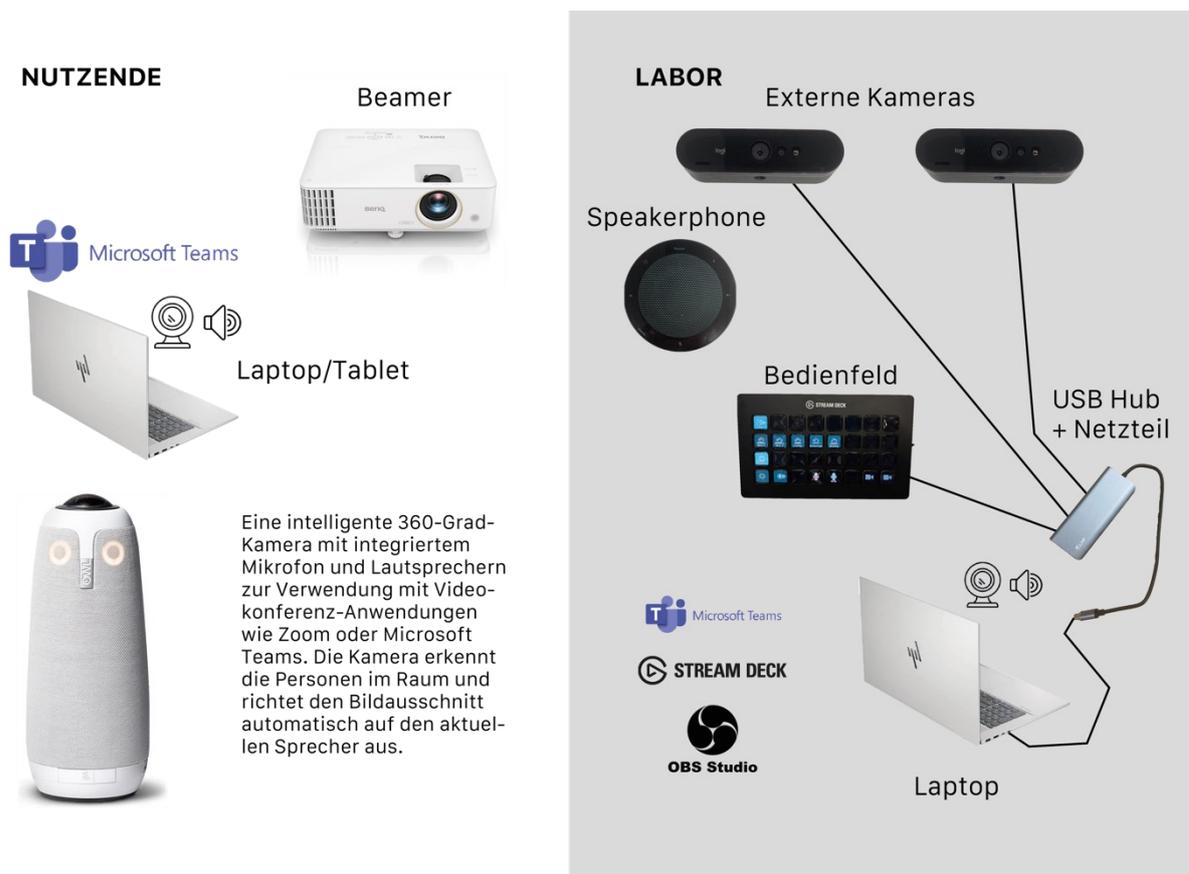


Abbildung 6: Kommunikationssetting "Schule – expert"

Hardware/Software:

Für die Nutzenden ist die Hardware-Ausstattung umfangreich und umfasst Laptops oder Tablets, einen Beamer, eine Laptopstation sowie eine 360° Kamera wie die Meeting OWL. Im Labor hingegen wird folgende Hardware verwendet: Laptop mit integrierter Kamera, externe Kamera(s) wie z.B. 2x Logitech Brio Stream 4K, Bedienfeld wie z.B. das Stream Deck XL, Speakerphone wie z.B. Phonum von Beyerdynamic, USB-Hub mit Netzteil, um die Stromversorgung zu gewährleisten bei vielen angeschlossenen Geräten.

Die notwendige Software für beide Parteien ist ein Kommunikationstool wie Microsoft Teams oder Zoom. Im Labor kommen zusätzlich OBS-Studio (Erstellen von Szenen) und Stream Deck (zur Steuerung verschiedener Szenen) zum Einsatz. Das Setting auf der Laborseite entspricht dem des Kommunikationssettings «Schule – maxi».

Vorteile:

Die Vorteile dieses Setups liegen in der Ähnlichkeit zur analogen Kommunikation, der geringen Anzahl an benötigten Geräten im Raum auf Nutzendenseite und der relativ grossen Bewegungsfreiheit.

Nachteile:

Es gibt jedoch auch Nachteile, wie die hohen Anschaffungskosten für die 360° Kamera und aufgrund dessen die eingeschränkte Verfügbarkeit solcher Geräte in bestimmten Branchen wie dem Bildungswesen.

Erfahrungswerte:

Das Kommunikationssetting wurde in diesem Projekt nicht eingesetzt und getestet. Allgemeine Erfahrungen mit der «Meeting OWL Pro Kamera» zeigen, dass die Installation einfach ist und die Kamera von Teams sofort erkannt wird. Allerdings muss die Kamera mittig im Raum platziert werden und erkennt Teilnehmende erst nach einer gewissen Redezeit. Die Personen müssen laut und deutlich sprechen, und ab einer bestimmten Distanz erkennt die Kamera die Teilnehmenden nicht mehr.

3.1.6 Zusammenfassung

In dem Abschnitt wurden fünf Kommunikationssettings vorgestellt, die den Einsatz von modernen Fertigungsverfahren wie 3D-Drucker oder Lasercutter in Making-Projekten erlauben, die an der Schule nicht verfügbar sind, aber von einem Lernlabor per hybrider Kommunikation nutzbar gemacht werden. Die Kommunikationssettings «**Schule – mini**», «**Schule – midi**» und «**Schule – maxi**» wurden getestet und umfassen jeweils eine steigende Komplexität und Ausstattung. Die Settings «**Schule – mini**» und «**Schule – midi**» benötigen weniger Einrichtungsaufwand, je nach Einsatzgebiet können sie aber zu einer nicht ausreichenden Bild- und Tonqualität führen. Das Setting «**Schule – midi**» erweitert das Setting «**Schule – mini**» durch zusätzliche Laptopstationen, um eine individuelle Interaktion und bzw. Softwareeinführungen zu ermöglichen.

Das Setting «**Schule – maxi**» unterstützt qualitativ gute Bild- und Tonqualitäten und verringert die Bedienungskomplexität auf Seiten der Fachperson während des Austauschs erheblich. Diesen Vorteilen stehen jedoch der grössere Hardware- und Softwareeinsatz und der damit verbundene Einrichtungsaufwand entgegen.

Zusätzlich wurden die Kommunikationssettings «**Schule – maxi plus**» und «**Schule – expert**». Sie vergrössern die Kommunikationsmöglichkeiten auf Seiten der Schule. «**Schule – maxi plus**» bietet eine 1:1-Ausstattung für alle Schüler*innen mit individuellen Geräten und Kopfhörern, um eine noch intensivere und personalisierte Interaktion zu ermöglichen. «**Schule – expert**» umfasst die Nutzung einer 360°-Kamera wie der Meeting OWL, um eine möglichst realitätsnahe Gruppeninteraktion zu gewährleisten und die Anzahl der notwendigen Geräte auf der Nutzendenseite zu minimieren.

Diese Settings bieten verschiedene Vorteile und Herausforderungen und ermöglichen den Schulen, je nach ihren spezifischen Bedürfnissen und Ressourcen, die passende Lösung auszuwählen.

3.2 Making Projekte mit Schulen

Im Projekt wurde eine Unterrichtsplanung über zehn Einheiten und konkrete Aufgabenstellungen für ein Making-Projekt entwickelt, das dem LabNet-Gedanken folgt und eine spätere Evaluation ermöglichte. Bei der Planung des Making-Projekts wurden heilpädagogische Ansätze integriert, um die Teilnahme aller Schüler*innen entsprechend ihren individuellen Fähigkeiten zu ermöglichen.

Zur Unterstützung der Lehrpersonen wurden sämtliche Unterrichtsmaterialien und Hintergrundinformationen auf der Online-Plattform TaskCards, einer digitalen Pinnwand, zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurde eine digitale Pinnwand für die Schüler*innen sowie eine digitale Pinnwand für den Austausch zwischen den teilnehmenden Schulen erstellt.

Die Anwendungsszenarien für den Zyklus 3 wurden zuerst entwickelt und getestet. Da die Erfahrungen bei der Umsetzung sehr positiv waren, wurde auch die Umsetzung im Zyklus 2 erprobt. Hier wurde eine angepasste Aufgabenstellung für den Zyklus 2 verwendet, die speziell auf die Bedürfnisse dieser Altersgruppe zugeschnitten ist. Die notwendigen Inhalte wurden auf einer weiteren digitalen Pinnwand speziell für den Zyklus 2 bereitgestellt. Anschliessend wurde eine weitere Pinnwand entwickelt, die der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden kann und weiteren interessierten Lehrpersonen und Schulklassen die Möglichkeit bieten soll, vereinfacht in das Thema einzusteigen:

- **TaskCards öffentlich:** (<https://www.taskcards.de/#/board/2275f97e-b07c-464f-91fd-f9b38fcff3c5?token=fc7caff3-2e65-490f-93f7-78a9b159e9eb>) Diese öffentliche Pinnwand ermöglicht interessierten Lehrpersonen den Einstieg in die Arbeit mit dem 3D-Drucker, dem Lasercutter sowie dem Schneideplotter und kann dazu anregen, mit den Fertigungsverfahren sowie externen Lernlaboren zu arbeiten.

Ein Ziel der Making-Projekte an Schulen war es, den Zugang zu fortschrittlicher, oft teuren Fertigungsverfahren zu ermöglichen und gleichzeitig die Möglichkeiten hybrider Kommunikation zu testen. Diese Projekte dienen der Überbrückung räumlicher Distanzen durch die Kombination von Online-Kommunikation und direkten Kontakt. Dadurch wurde eine flexible und standortunabhängige Begleitung der Schulprojekte gewährleistet, welche das technische Verständnis und die Kreativität der Schüler*innen förderte.

3.2.1 Schule Muri (Zyklus 3 / 7. Klasse / 25 SuS)

Im Rahmen des Projektes wurde den Schüler*innen der 7. Klasse an der Schule Muri digitale Fertigungsverfahren wie 3D-Drucker, Lasercutter und Schneideplotter nähergebracht. Mit Hilfe von Einstiegsaufträgen zu den drei Verfahren, wurden die Schüler*innen an die Software Silhouette Studio und TinkerCAD herangeführt. Anschliessend wurde die Aufgabe gestellt, individuelle Verpackungen für einen Adventskalender zu gestalten. Die Schüler*innen entschieden dabei selbst, in welchem Fertigungsverfahren sie sich vertiefen möchten. Ziel war es, die kreativen und technischen Fähigkeiten durch den Einsatz moderner Fertigungsverfahren zu fördern. Das gesamte Projekt lief über etwas mehr als 10 Wochen.

Infrastruktur und Ressourcen

Die Schule verfügte über Räumlichkeiten für technisches Gestalten, die mit einem Schneideplotter ausgestattet waren, der den Schüler*innen zur Verfügung stand. 3D-Drucker sowie Lasercutter wurden von der PHBern zur Verfügung gestellt. Während der Projektdurchführung unterstützen die Fachlehrpersonen sowie das Projektteam die Schüler*innen bei den Einstiegsaufträgen und Erstellung der Verpackungen.

Projekttablauf

Die Einführung in das Projekt bekamen die Schüler*innen durch die TTG-Fachlehrpersonen der Klasse. Die Schüler*innen wurden durch die zwei Fachlehrpersonen in die Aufgaben und der damit verbundenen Nutzung der Software Silhouette Studio und TinkerCAD eingeführt. Die Präsentation des Lasercutters erfolgte später online über Microsoft Teams. An einem nachfolgenden Termin besuchte das Projektteam die Klasse, um den Umgang mit dem 3D-Drucker und dem Schneideplotter zu demonstrieren. Der Besuch durch das Projektteam umfasste 2 Lektionen und hatte zum Ziel, in die Geräte einzuführen und den Schüler*innen mithilfe von Einsteigeraufträgen erste Erprobungen mit den

Fertigungsverfahren zu ermöglichen. Die weitere Arbeit am Projekt fand bis auf die Produktion ohne Betreuung der Schüler*innen durch das Projektteam statt.

Für das Hauptprojekt, die Herstellung einer Verpackung für den Adventskalender, wurden die Schülerinnen in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe arbeitete mit dem Schneideplotter, die andere mit dem 3D-Drucker und dem Lasercutter. Der Grund für diese Aufteilung war die Nutzung verschiedener Softwareprogramme. Die Verpackungen für den Schneideplotter wurden mit Silhouette Studio entworfen, während TinkerCAD für den 3D-Druck und den Lasercutter verwendet wurde. Die Gestaltung der Verpackungen lag in der Verantwortung der Schüler*innen. Die Produktion mit dem 3D-Drucker und dem Lasercutter erfolgte extern durch die PHBern, während die Verpackungen mit dem Schneideplotter in der Schule hergestellt wurden.

Ergebnis

Das Projekt endete mit der Präsentation eines Adventskalenders, welcher aus individuell von den Schüler*innen entworfenen Verpackungen bestand.



Abbildung 7: Projekt Muri (eigene Aufnahme)

3.2.2 Schule Lenk (Zyklus 3 / 7. Klasse / 10 SuS)

Die 7. Klasse hatte folgende Aufgabe: die Gestaltung und Produktion von Verpackungen für Krachmandeln und Kakaomandeln für den Weihnachtsmarkt der Schule am 9. Dezember. Das Projekt fand fächerübergreifend im Rahmen der Fächer Textiles Gestalten, Medien und Informatik sowie Wirtschaft, Arbeit und Haushalt statt. An der Einführung vor Ort und der Arbeit an den Einstiegsaufgaben nahmen zwei Gruppen mit insgesamt 20 Schüler*innen teil. Zehn Schüler*innen beteiligten sich am gesamten Projekt, wobei von ihnen erwartet wurde, dass beide Mandelsorten separat in einer Verpackung präsentiert werden.

Infrastruktur und Ressourcen

Für die Umsetzung des Projekts stand den Schüler*innen ein Materialfundus zur Verfügung, der eine Vielzahl von Materialien wie Glanz- und Zeichnungspapiere, Origamipapier, Kalenderblätter, Gläser, Fotokarton, Cellophanbeutel, Geschenkband, Stoffe, Wellkarton und diverse Stifte und Dekomaterialien umfasste. Diese Materialien boten den Lernenden eine breite Palette an Möglichkeiten, um ihre Kreativität und technischen Fähigkeiten im Verpackungsdesign zu entfalten.

3.2.3 Schule Sonnenhof (Zyklus 2 / 5. Klasse / 25 SuS)

Die Erprobung der im Projekt erarbeiteten Anwendungsszenarien wurde im ersten Schritt im Zyklus 3 mit zwei Schulklassen getestet. Um weitere Erfahrungen zu sammeln und die hybride Kommunikation auch im Zyklus 2 testen zu können, wurden Klassen der Schule Sonnenhof angefragt.

Das Interesse der Schule war gross, so dass das Projekt auch im Zyklus 2 getestet werden konnte. Im Schulhaus Sonnenhof wurde mit einer Lehrperson zusammengearbeitet, welche die Projektidee mit insgesamt drei Klassen umsetzte.

Nach einer anfänglich intensiveren Unterstützung durch das Projektteam wurde die Unterstützung vor Ort durch das Projektteam im Laufe der Zeit reduziert und die Begleitung per Online-Kanäle erhöht. Das bestehende Programm, das im Zyklus 3 durchgeführt wurde, wurde für den Zyklus 2 angepasst. Im Gegensatz zu den beiden Durchläufen im Zyklus 3 konzentrierte sich die Aufgabenstellung auf den Einsatz der Fertigungsverfahren 3D-Drucker und Lasercutter.

Infrastruktur und Ressourcen

Das Projekt wurde im Klassenzimmer durchgeführt. Insgesamt führte die Lehrperson das Projekt in drei Klassen durch. Die Schüler*innen entwickelten die Schlüsselanhänger in der App «TinkerCAD» oder auch in der Anwendung im Internetbrowser. Die Schule hat eine 1:1 Ausstattung an iPads, d. h. alle Schüler*innen konnten an ihrem eigenen Gerät arbeiten. 3D-Drucker sowie Lasercutter stellte die PHBern zur Verfügung. Während der Projektdurchführung unterstützte hauptsächlich die Lehrperson die Schüler*innen bei den Einstiegsaufträgen und der Erstellung der Schlüsselanhänger.

Projekttablauf

Am 1. Dezember 2023 besuchte das Team der PHBern die Projektklasse. Aufgabe für die Schüler*innen war es, einen Schlüsselanhänger im TinkerCAD zu modellieren und schliesslich mit dem 3D-Drucker bzw. Lasercutter fertigen zu lassen. Nach einer aufbauenden Einführungsaufgabe arbeiteten die Schüler*innen an der Gestaltung ihres eigenen Schlüsselanhängers. Während des Besuchs konnte der mitgebrachte 3D-Drucker genutzt werden, zusätzlich wurde der Lasercutter vorgestellt, indem eine Fachperson der PHBern über ein hybrides Kommunikationssetting die Verbindung zur Projektklasse herstellte und in das Gerät einführte. Allerdings besuchte das Projektteam nur die erste der drei teilnehmenden Klassen dieses Schulhauses. Mit der zweiten Klasse wurde der Lasercutter hybrid vorgestellt und der 3D-Drucker mithilfe der Materialien auf dem bereitgestellten TaskCards erarbeitet. Die dritte teilnehmende Klasse lernte beide Geräte, Lasercutter sowie 3D-Drucker, mithilfe der Materialien bzw. Videos auf TaskCards kennen. Die Durchführung des Projekts mit drei verschiedenen Klassen und auf unterschiedliche Art und Weise ermöglichte es, die Unterrichtsmaterialien und Kommunikationssettings zu testen und zu vergleichen.

Nach dem Besuch arbeitete die Klasse mit Unterstützung der Klassenlehrperson selbständig am Projekt weiter. Zur Unterstützung wurde die Fachperson der PHBern an einem Termin hinzugezogen. Die Schülerinnen und Schüler konnten sich an das von der Klassenlehrperson zur Verfügung gestellte Gerät setzen und über Onlinekommunikation mit MS Teams der Fachperson klärende Fragen zur Projektarbeit stellen. Bei der nächsten Klasse fand kein Besuch vor Ort mehr statt, allerdings wurde ein Gerät via hybrides Kommunikationssetting «Schule – maxi» vorgestellt. Zudem konnten die Schüler*innen über diesen Kanal auch Unterstützung durch die Fachpersonen der PHBern holen. Die letzte Klasse gestaltete die Schlüsselanhänger schliesslich selbständig. Das Kennenlernen der Geräte fand mithilfe der bereitgestellten Videos auf TaskCards statt. Schliesslich wurden die Dateien der Schlüsselanhänger an die Kontaktperson der PHBern gesendet. Die Anhänger wurden an der PHBern gefertigt und der Projektklasse retourniert.

Ergebnis

Das Ergebnis des Projektes waren Schlüsselanhänger für alle Schüler*innen und Schüler der Klasse. Die Produkte wurden an der PHBern mit dem Lasercutter sowie dem 3D-Drucker gefertigt.



Abbildung 9: Projekt Sonnenhof (Eigene Aufnahme)

3.2.4 Zusammenfassung

Die Making-Projekte an Schulen hatten zum Ziel, den Zugang zu modernen Fertigungsverfahren wie 3D-Druck, Lasercutter und Schneideplotter zu ermöglichen und gleichzeitig hybride Kommunikationsmethoden zu erproben. Dabei sollten räumliche Distanzen durch die Kombination von Online-Kommunikation und direktem Kontakt überwunden werden, um eine flexible und standortunabhängige Betreuung der Projekte zu gewährleisten.

In der **Schule Muri** wurde den Schülerinnen der 7. Klasse in einem zehnwöchigen Projekt der Umgang mit den Fertigungsverfahren beigebracht. Sie gestalteten individuelle Verpackungen für einen Adventskalender, wobei sie selbst entschieden, welches Verfahren sie vertiefen wollten. Das Projektteam der PHBern unterstützte die Schülerinnen bei den Einstiegsaufgaben und der Nutzung der Software Silhouette Studio und TinkerCAD.

An der **Schule Lenk** gestalteten die Schülerinnen der 7. Klasse Verpackungen für Krachmandeln und Kakaomandeln für den Weihnachtsmarkt. Sie arbeiteten fächerübergreifend und nutzten eine Vielzahl von Materialien. Das Projekt startete mit Einführungen durch die Lehrpersonen und dem PH-Projektteam, das Geräte wie Schneideplotter, Lasercutter und 3D-Drucker vorstellte. Die Schülerinnen arbeiteten in den folgenden Wochen an ihren Verpackungen und präsentierten die fertigen Produkte am Weihnachtsmarkt.

An der **Schule Sonnenhof** wurde das Projekt im Zyklus 2 durchgeführt und auf die Stufe angepasst, wobei der Schwerpunkt auf dem Einsatz von 3D-Drucker und Lasercutter lag. Die Schüler*innen entwickelten Schlüsselanhänger, die sie mit Unterstützung der Lehrperson und über hybride Kommunikationskanäle fertigten. Das Projekt wurde in drei Klassen durchgeführt, wobei die Unterstützung durch das Projektteam zunehmend auf Online-Kanäle verlagert wurde.

Insgesamt förderten die Making-Projekte das technische Verständnis und die Kreativität der Schüler*innen durch den praktischen Einsatz moderner Fertigungsverfahren.

4 Arbeitspaket AP3 – Evaluation

Nach der Durchführung der Making-Projekte wurden diese evaluiert, um herauszufinden, inwiefern das umgesetzte LabNet-Paradigma «Distanzen überwinden» einen Mehrwert für Schulen darstellt und welche potenziellen Angebote und Dienstleistungen für Schule in Zukunft interessant sein könnten.

Nach der Durchführung der Projekte mit den Schulklassen führten die Expertinnen des Projekts Abschlussgespräche mit den jeweiligen Lehrpersonen der Projektklassen. Der erarbeitete Leitfaden strukturierte die Interviews. Anschliessend wurden die Audiodateien der Interviews mit der Software *noScribe* transkribiert und in die Software für *MAXQDA* importiert. Nach der Bereinigung der Textdaten wurden Kategorien gebildet und für den Abschlussbericht aufbereitet.

Um die Perspektive der Schüler*innen zu erfassen, wurde ein Arbeitsblatt mit Reflexionsfragen zur Arbeit an der Verpackung entwickelt. Darin teilten die Schüler*innen in Gruppen ihre Erkenntnisse zur Arbeit an den Fertigungsmethoden und zur Zusammenarbeit mit dem Projektteam mit.

4.1 Ergebnisse aus den Leitfadeninterviews

Hybride Kommunikation	<p>Die hybride Kommunikation, also die Kombination aus virtueller und physischer Anwesenheit, wird von den Lehrpersonen als sehr hilfreich und gut funktionierend beschrieben. Eine der grössten Herausforderungen besteht jedoch in der Technik, insbesondere bei der Abstimmung von Bild, Mikrofon und Lautsprechern. Trotz dieser technischen Schwierigkeiten wird die hybride Kommunikation als ein wertvolles Instrument im Schulkontext angesehen.</p> <p>Ein Beispiel für eine gelungene Umsetzung war das Aufstellen eines iPads im Gang, damit die Schüler*innen einzeln mit einer Expert*in der PH Bern sprechen konnten. Dies ermöglichte den Schüler*innen, individuelle Fragen zu ihren Projekten zu stellen und persönliche Unterstützung zu erhalten. Diese Form der hybriden Kommunikation wurde von den Schüler*innen gut angenommen und sie nutzten die Gelegenheit.</p> <p>Die Einführung von Geräten wie dem Lasercutter und dem 3D-Drucker in den Unterricht durch hybride Kommunikation funktionierte ebenfalls gut. Die Lehrpersonen stellten jedoch fest, dass es für die Schüler*innen teilweise schwieriger war, sich vor der Kamera zu konzentrieren und die Inhalte wirklich zu erfassen. Der persönliche Besuch vor Ort wurde daher als besonders wertvoll empfunden, da die Schüler*innen die Geräte live erleben konnten.</p> <p>Für Schulen, die weiter entfernt liegen, ist die hybride Lösung eine gute Alternative, besonders wenn sie in Kleingruppen organisiert ist. Allerdings vermissten die Schüler*innen oft das Live-Erlebnis, wie zum Beispiel den 3D-Druckprozess vor Ort zu sehen, was als besonders faszinierend beschrieben wird. Die hybride Kommunikation kann jedoch nicht nur als Notlösung, sondern auch als ergänzende Methode genutzt werden, um fachliche Fragen zu klären oder Interviews durchzuführen.</p> <p>Ein wichtiger Aspekt für den Erfolg der hybriden Kommunikation ist die Vorbereitung der Schüler*innen. Es wurde betont, dass sie lernen müssen, wie man Fragen stellt und kommuniziert, um solche Gelegenheiten besser nutzen zu können. Auch der persönliche Kontakt spielt eine wichtige Rolle. Es wurde vorgeschlagen, dass unterstützende Personen zunächst persönlich bekannt gemacht werden sollten und dann bei Bedarf online Unterstützung bieten könnten. Ein Support der stetiger und etabliert ist könnte zudem evtl. besser angenommen werden.</p> <p>Insgesamt zeigt die hybride Kommunikation viel Potenzial und könnte in Zukunft häufiger genutzt werden. Sie bietet eine flexible Möglichkeit, Ressourcen und Expertise in den Unterricht zu integrieren, erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und die Förderung der Akzeptanz bei den Schüler*innen. Die hybride Kommunikation kann somit eine wertvolle Ergänzung zum traditionellen Unterricht sein, besonders in Anbetracht von Umständen, in denen physische Präsenz nicht immer möglich ist.</p>
------------------------------	---

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Projektrückmeldungen</p>	<p>Die Projektteilnehmenden berichteten über positive Erfahrungen, wie auch Herausforderungen in der Projektdurchführung.</p> <p><i>Positive Rückmeldungen</i> Die teilnehmenden Lehrpersonen betonten, dass die Teilnahme keine zusätzliche Belastung darstellte. Eine Lehrperson plant, die erlernte Methode auch in Zukunft weiter zu nutzen. Sowohl Lehrpersonen als auch Schüler*innen empfanden das Projekt als Bereicherung und hatten Spass daran. Die Schülerinnen zeigten grossen Einsatz und blieben über einen langen Zeitraum von acht bis zehn Wochen motiviert, was trotz der Herausforderungen, welche das Projekt mit sich brachte, gelang. Die Schüler*innen waren besonders motiviert und lernten schnell den Umgang mit den Computerprogrammen, was ihnen sehr zugutekam. Das Thema Verpackung wurde als vielseitig und lebensnah bewertet. Insgesamt wurde das Projekt als bereichernd und spannend gelobt, mit dem Potenzial, besonders Schulen mit begrenzten Ressourcen zu unterstützen.</p> <p><i>Herausforderungen</i> Schüler*innen mussten teilweise Geräte ausleihen, was den Unterricht verzögerte, und fühlten sich in den online-Meetings zum Teil etwas unwohl. Sie hatten Schwierigkeiten, online Fragen zu stellen und zu kommunizieren, was durch vermehrte Nutzung verbessert werden könnte.</p> <p>Der hohe Betreuungsaufwand war teilweise belastend, da viele Fragen seitens Lernenden aufkamen und teilweise viel Unterstützung nötig war. Technische Probleme traten auf, da einige Laptops die Schneidplotter-Software nicht ausführen konnten. Den Schüler*innen fehlte praktische Erfahrung mit 3D-Druck und Lasercutter, da sie die Maschinen nicht vor Ort nutzen konnten. Effektiveres Arbeiten wäre möglich, wenn jede Gruppe eine eigene Lehrperson zur Unterstützung hätte und die Gruppen gleich gross wären. Herausfordernd wurde vor allem das Zeichnen der Verpackungen für den Lasercutter empfunden. Dieses Vorgehen erfordert viel Vorstellungsvermögen bei der Herstellung wie bzw. die Berücksichtigung der Materialstärke sowie das Verständnis von Abwicklungen. Aus diesem Grund wurde insbesondere in einer Klasse auf Internetvorlagen zurückgegriffen.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Zukünftiges Angebot</p>	<p>In den Interviews äusserten sich die Lehrpersonen zu ihren Erfahrungen mit den Fertigungsverfahren wie 3D-Druckern, Lasercuttern und Schneiderplottern im Unterricht und machten Vorschläge für zukünftige Projekte. Ein Thema war die Notwendigkeit, sich auf eine einzelne Fertigungsverfahren zu konzentrieren, um den Unterricht zu erleichtern und ein tieferes Verständnis zu ermöglichen. Es wurde vorgeschlagen, entweder nur mit dem Schneiderplotter, dem Lasercutter oder dem 3D-Drucker zu arbeiten, anstatt alle drei Fertigungsverfahren gleichzeitig zu nutzen.</p> <p>Die Befragten betonten die Wichtigkeit eines umfassenden Angebots der Pädagogischen Hochschule (PH), das sowohl Gerätschaften als auch Unterrichtsmaterialien auf öffentlich einsehbaren Plattformen wie z. B. TaskCards umfasst.</p> <p>Dieses Angebot sollte flexibel gestaltet sein, sodass Lehrpersonen entweder die Geräte und Materialien für spezifische Projekte nutzen können oder sich, je nach Bedarf, auch nur auf die Verwendung auf der Plattform bereitgestellten Unterrichtsmaterialien konzentrieren können. Diese Flexibilität ermöglicht es den Lehrpersonen, das Angebot optimal an die individuellen Anforderungen ihrer Unterrichtseinheiten anzupassen und je nach Lehrplan oder Unterrichtsvorhaben gezielt auszuwählen, welche Ressourcen sie einsetzen möchten</p> <p>Zusätzlich wäre eine Ansprechperson an der PH, die bei Fragen und der Nutzung der Geräte unterstützt, von grossem Vorteil. Trotzdem wurde hervorgehoben, dass persönliche Interaktionen und bekannte Ansprechpartner für Schüler*innen motivierender und effektiver wahrgenommen werden.</p>

	<p>Besonders geschätzt wurde die Möglichkeit, Fertigungsverfahren in den Unterricht zu integrieren, die an der Schule nicht verfügbar waren. Ein solches Angebot könnte Schulen in kleinen Dörfern oder mit wenig Budget enorm unterstützen. Die Idee wurde begrüsst, dass die PH ein umfassendes Angebot als Produkt bereitstellt, um mehr Schulen den Zugang zu moderner Fertigungsverfahren zu ermöglichen und die Lehrpersonen bei der Umsetzung im Unterricht zu unterstützen.</p> <p>Ein weiterer Punkt war der Wunsch nach hybriden Angeboten, die Unterstützung bieten, wenn man nicht weiterkommt, insbesondere für Lehrpersonen, die wenig Zeit haben, sich in neue Fertigungsverfahren einzuarbeiten. Vorlagen und Ideensets, die heruntergeladen werden können, wurden als sehr hilfreich empfunden, da sie die Arbeit der Lehrpersonen erleichtern, indem sie erprobtes Material nutzen können.</p> <p>Insgesamt wurde deutlich, dass Unterstützung und Bereitstellung von Ressourcen, Vorlagen und hybriden Angeboten wichtig sind, um den Einsatz neuer Fertigungsverfahren im Unterricht zu erleichtern und effektiv zu gestalten.</p>
--	--

4.2 Ergebnisse aus den Reflexionsfragen der Schüler*innen

Im Rahmen des LabNet-Projektes gestalteten die Schüler*innen ihre eigenen Verpackungen oder Schlüsselanhänger und reflektierten zum Abschluss in 4er-Gruppen über ihre Arbeit. Jede Gruppe präsentierte ihre Verpackungen und beantwortete folgende Fragen:

- Mit welchen Werkzeugen und Materialien wurde gearbeitet?
- Was gefällt an der eigenen Verpackung besonders gut?
- Was ist gut gelungen?
- Was ist weniger gut gelungen?
- Was würde man beim nächsten Mal anders machen?
- Was wurde neu entdeckt bzw. gelernt?

Die Schüler*innen tauschten Erfahrungen über die Nutzung von Geräten wie Schneideplottern und 3D-Druckern sowie Materialien wie Papier, Holz und Kunststoff aus. Sie diskutierten Erfolge und Herausforderungen und überlegten Verbesserungsmöglichkeiten für ein nächstes Mal.

In den Rückmeldungen der Schüler*innen lassen sich mehrere gemeinsame Themen identifizieren:

Lernen und Weiterentwicklung:

- Viele Schüler*innen berichteten davon, neue Fähigkeiten zu erlernen, wie das Arbeiten mit dem Schneideplotter und dem 3D-Drucker, sowie präzises Messen und Planen.

Herausforderungen und Schwierigkeiten

- Schwierigkeiten beim exakten Kleben und der Arbeit mit runden Formen wurden mehrfach erwähnt.
- Probleme mit der Stabilität und der Handhabung der Materialien (z.B. dünnes Papier, schwarzes Abfärben) kamen ebenfalls zur Sprache.

Stolz und Zufriedenheit

- Einige Schüler*innen zeigten Stolz auf spezifische Aspekte ihrer Projekte, wie den gelungenen Deckel, die Form und Gestaltung ihrer Verpackungen oder das Unihockey-Zeichen.

Verbesserungsvorschläge und Wünsche

- Mehrere Schüler*innen äusserten den Wunsch, ihre Projekte kreativer und grösser zu gestalten und beim nächsten Mal anders oder besser zu planen.

- Es gab auch spezifische Vorschläge, wie die Vermeidung runder Formen oder die Nutzung anderer Software.

Erfahrung und Spass

- Die Zusammenarbeit mit der PH und die Nutzung von Laptops wurden als positive Erfahrungen hervorgehoben.
- Die Arbeit mit dem Lasercutter und dem 3D-Drucker wurde unterschiedlich bewertet, aber einige fanden es faszinierend und spannend.

Diese Themen zeigen, dass die Schüler*innen nicht nur technische und praktische Fähigkeiten erworben haben, sondern auch reflektieren und Verbesserungspotenziale erkennen.

4.2.1 Zusammenfassung

Nach der Durchführung der Making-Projekte wurde die Umsetzung des LabNet-Paradigmas «Distanzen überwinden» evaluiert, um seinen Mehrwert für Schulen zu ermitteln. Die Evaluation erfolgte durch Interviews mit Lehrpersonen und Reflexionsarbeitsblätter für Schüler*innen. Die hybride Kommunikation, eine Kombination aus virtueller und physischer Anwesenheit, wurde als hilfreich beschrieben, obwohl technische Herausforderungen wie die Abstimmung von Bild und Ton bestanden. Der persönliche Kontakt vor Ort wurde von den Schüler*innen bevorzugt.

Die Projektrückmeldungen waren überwiegend positiv, da die Teilnahme als bereichernd und motivierend empfunden wurde, trotz des teilweise hohen Betreuungsaufwands und technischer Probleme. Für zukünftige Projekte wurde empfohlen, sich auf einzelne Fertigungsverfahren zu konzentrieren und ein flexibles Angebot eines LabNet zu nutzen, das sowohl Geräte als auch Unterrichtsmaterialien umfasst. So kann individuell entschieden werden, ob man nur die Unterrichtsmaterialien, bzw. nur das Geräteangebot oder beides nutzen möchte.

Die Schüler*innen reflektierten über ihre Erfahrungen und berichteten von Erfolgen im Erlernen neuer Fähigkeiten sowie Herausforderungen beim exakten Arbeiten und der Materialhandhabung. Für zukünftige Projekte würden Schüler*innen teilweise kreativer und grösser gestalten und besser planen.

5 Arbeitspaket AP4 – Aufbau des LabNet

5.1 Anpassung LabNet-Konzept

In dem Projekt können sich Erkenntnisse ergeben, die eine Anpassung des LabNet-Konzepts v06 notwendig machen.

5.1.1 Aktivitäten aus dem LabNet-Konzept

Im Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien» erfolgte kein Test zwischen verschiedenen Lernlaboren, sondern zwischen einem Lernlabor und einem Nutzer des Labors. Es wurden Aktivitäten durchgeführt, die eine Teilevaluation von drei der fünf Ziele eines offenen Labornetzwerks LabNet ermöglichen:

- Informationen und Angebote online und virtuell verfügbar machen, so dass die frei gewordenen Ressourcen bspw. zum Ausbau des Angebots genutzt werden können
- Bereitstellung von Settings zur online und hybriden Kommunikation zwischen und zu den Laboren, die kreatives Arbeiten in einem Projekt unter Einbezug notwendiger Geräte ermöglichen
- niederschwelliger und unkomplizierter Zugang für Interessierte

Von den direkten Zielen eines LabNet, siehe Abschnitt 5.1 im LabNet-Konzept, wurden die kursiv markierten im Projekt verfolgt.

1. Hybride Kommunikation und Online-Zugang
 - a. *ermöglichen den zeit- und ortsunabhängigen Zugang zu Bildungsangeboten und Arbeitsräumen der Lernlabore*
 - b. *müssen derart gestaltet sein, dass sie die kreative Zusammenarbeit im Rahmen von Laboraktivitäten erlauben. Ein erstelltes Produkt bzw. eine laufende Maschine müssen auch in eine Online-Kommunikation integriert werden können*
 - c. *eröffnen neue Möglichkeiten in der Durchführung von Projekten. Statt einer kompakten Durchführung in drei Tagen in einem Speziallabor, kann eine Entzerrung der Aktivitäten über mehrere Wochen stattfinden. Externe Aufenthalte werden minimiert und kreative Phasen können mit Ruhephasen verbunden werden.*
 - d. *ermöglichen die Integration von externen Kompetenzen. In einem Projekt können bspw. externe Experten für einen kurzen Abgleich mit Diskussion zugeschaltet werden.*
2. Das Teilen von digitalen Materialien und digitalen Dienstleistungen soll das Angebot der Labore verbreitern.
3. *Das LabNet unterstützt die Inklusion, indem Dienstleistungen im Bereich Hören, Sehen, Motorik und auch kognitive Beeinträchtigungen bewusst von Anfang an mitgedacht und angeboten werden.*
4. Fachliche, digitale, soziale und methodische Kompetenzen sowie projektorientiertes Arbeiten werden mittels Experimentierens, Simulationen, Gestalten, Entwickeln, Evaluieren und Reflektieren gefördert.
5. Der Fernzugriff auf die Labore soll gefördert werden.
6. Forschungsbasierte Methoden werden zusammengeführt und Handlungsempfehlungen sowie Good-Practice Beispiele werden geteilt.
7. *Der Einsatz von Open Education Resources (OER) wird gefördert.*

Im Abschnitt 6.1 des LabNet-Konzepts werden sieben Dienstleistungskategorien definiert. Von ihnen wurden im Projekt

- Bereitstellung von Kompetenzen
- Ausleihe von Geräten
- Auftragsfertigung

eingesetzt und somit Erfahrungen im praktischen Einsatz gesammelt.

5.1.2 Notwendige Anpassungen des LabNet-Konzepts

Es zeigt sich, dass nur kleinere Anpassungen am LabNet-Konzept notwendig sind. Das Konzept ist breit und allgemein formuliert. Im Projekt «LabNet – Anwendungsszenarien» erfolgte kein Test zwischen verschiedenen Lernlaboren, sondern zwischen einem Lernlabor und einem Nutzer des Labors. Hierbei wurden Online-Materialien, hybride Kommunikations-Settings und Auftragsfertigung getestet. Hieraus ergeben sich Erkenntnisse, die in das LabNet-Konzept hineinreichen und dessen Anpassung bzw. Erweiterung notwendig machen.

Folgende Anpassungen im LabNet-Konzept sind erfolgt:

1. Zu den LabNet-Paradigmen «Distanzen überwinden» und «Das Rad nicht neu erfinden» wurde das Paradigma «Barrieren abbauen statt aufbauen» hinzugefügt. Im Kapitel Grundsätze wurde entsprechend Punkt 2. geändert in:
«Das LabNet verfolgt die Paradigmen «Distanzen überwinden», «Das Rad nicht neu erfinden» und «Barrieren abbauen statt aufbauen». Deren Umsetzung basiert vornehmlich auf den Einsatz digitaler Technologien. Mit Online- und hybrider Kommunikation werden die Distanzen überwunden. Das Teilen von digitalen Angeboten wie z.B. Kursen oder Lernsimulationen setzt bspw. Ressourcen frei, um Angebote und Dienstleistungen weiter auszubauen. Bei der Planung und Ausgestaltung von Angeboten wird Barrierefreiheit mitgedacht.»
2. Bei der Dienstleistungskategorie «Bereitstellung von Kompetenzen» wurde als potenzielles Angebot eine «regelmässige Online-Hotline» aufgenommen, siehe Kapitel 6.1.

Das LabNet-Konzept thematisiert praktische Umsetzungen in einem LabNet nicht direkt. Aus dem Projekt wurden jedoch Erkenntnisse gewonnen, die in einem LabNet berücksichtigt werden sollten.

- Auftragsfertigung:
 - Bei der Auftragsfertigung erfolgt das Design durch die Nutzenden. Das Design wird in Form einer Datei an das Lernlabor übermittelt, in dem anschliessend die Fertigung erfolgt. Wurden im Design Fehler gemacht, zeigen sich diese bei Unwissenheit erst bei der Fertigung. Aus diesem Grund sollten die Nutzenden im Vorfeld auf Problembereiche sensibilisiert werden.
- Ausleihe von Geräten
 - Nicht alle Geräte sind ausleihbar, da diese bspw. zu fragil sind. Statt der Ausleihe kann ein Gerät auch komplett online vorgestellt und darin eingeführt werden. Das Projekt hat gezeigt, dass die Online-Einführung ein ausreichendes Bild zum Fertigungsverfahren und dem Gerät bringen kann. Die Produktherstellung kann dann per Auftragsfertigung erfolgen. Der Weg der ausschliesslichen Online-Erfahrung mit einem Gerät ist kein vollständiger Ersatz zu dem Vorhandensein eines Geräts vor Ort. Dadurch kann allerdings neben den vorhandenen Geräten ein weiteres einem Projekt hinzugefügt werden.
- Die Bereitstellung von Online-Materialien zu einem Projekt ist wichtig, da diese einen leichten und asynchronen Zugang zu den Materialien erlauben. In einem Projekt ist es vorteilhaft, wenn die Materialien in einem kollaborativen Arbeitsraum bereitgestellt werden. Bei einem kollaborativen Raum müssen dann Fragen der Zugänglichkeit und des Datenschutzes berücksichtigt werden.

5.2 Bewerbung der LabNet Idee und Suche von Partnern für den Aufbau des LabNet

Für den Aufbau eines LabNet ist das Bewerben seiner Idee wichtig. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die LabNet-Idee bisher zu abstrakt war, so dass eine Umsetzung schwer vorstellbar. Dies betrifft nicht nur die Struktur eines LabNet, sondern auch die Umsetzung von Lernlaboraktivitäten mit integrierten Online-Elementen.

Die Durchführung der Making-Projekte in diesem Projekt und die Entwicklung der hybriden Kommunikationssettings schliesst diese Lücke teilweise. Nun müssen diese Inhalte aufbereitet und zugänglich gemacht werden.

Für die Verbreitung der LabNet-Idee wurden nachfolgende Aktivitäten durchgeführt oder befinden sich in der Umsetzung bzw. Planung:

1. Für das Bewerben der LabNet-Idee wurde ein kurzes Informationsvideo² erstellt. Dieses wird auf den Projektseiten bereitgestellt.
2. Der Think Tank Medien und Informatik (TTIM)³ der PHBern bietet 2024 vier Schulklassen die Möglichkeit ein Making-Projekt mit LabNet-Elementen umzusetzen. Dafür wird an verschiedenen Stellen geworben
3. An der PHBern existieren die Lernlabore «LabSpace» und «Maker Corner». Sie planen Angebote der LabNet-Idee umzusetzen
4. Im TTIM-Webauftritt werden die LabNet-Idee, die Materialien zu den Making-Projekten und den erstellten hybriden Kommunikationssettings in Kürze zugänglich gemacht.
5. Der TTIM ist aktuell am Aufbau eines Konsortiums «Network Inclusive Learning Labs International (NILLI)» beteiligt. In ihm soll inklusives Lernen in Laboren untersucht und weiterentwickelt werden.

Mit den bereitgestellten Materialien und den zukünftig gewonnenen Erfahrungen kann die LabNet-Idee weiter beworben und die Umsetzung vorangetrieben werden.

5.3 Zusammenfassung

Das im Projekt «LabNet – Offener Laborverbund» erstellte LabNet-Konzept ist umfassend und breit verfasst. Die in diesem Projekt gewonnenen Erfahrungen machten nur minimale Ergänzungen am Konzept erforderlich. Erkenntnisse wurden vorwiegend in der praktischen Umsetzung von LabNet-Angeboten gewonnen. Diese gilt es weiter auszubauen.

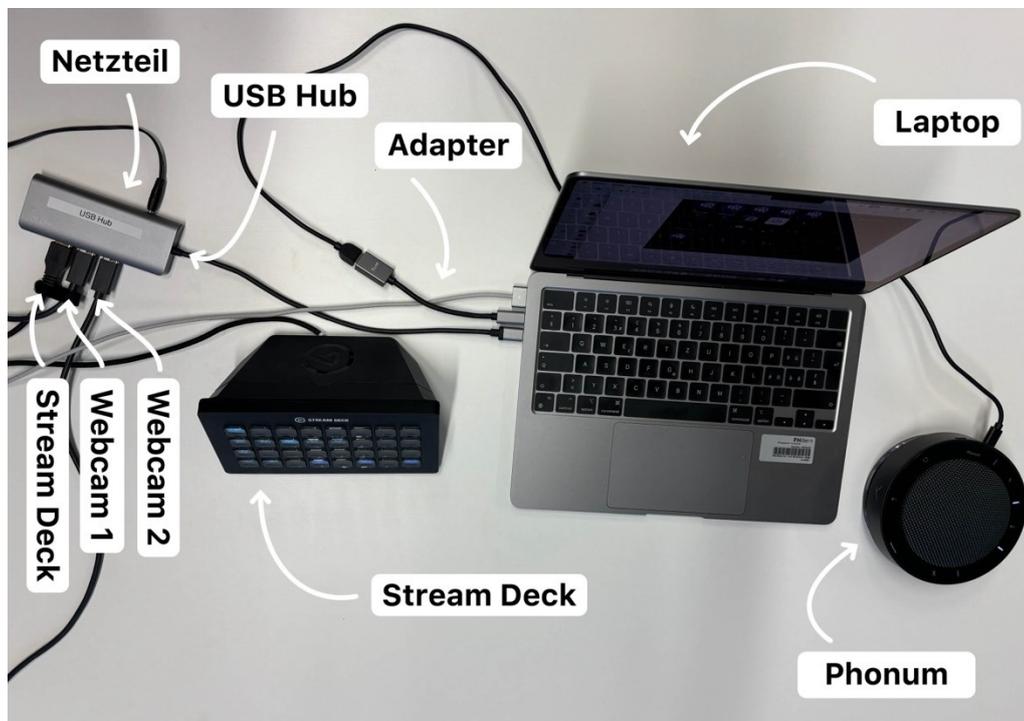
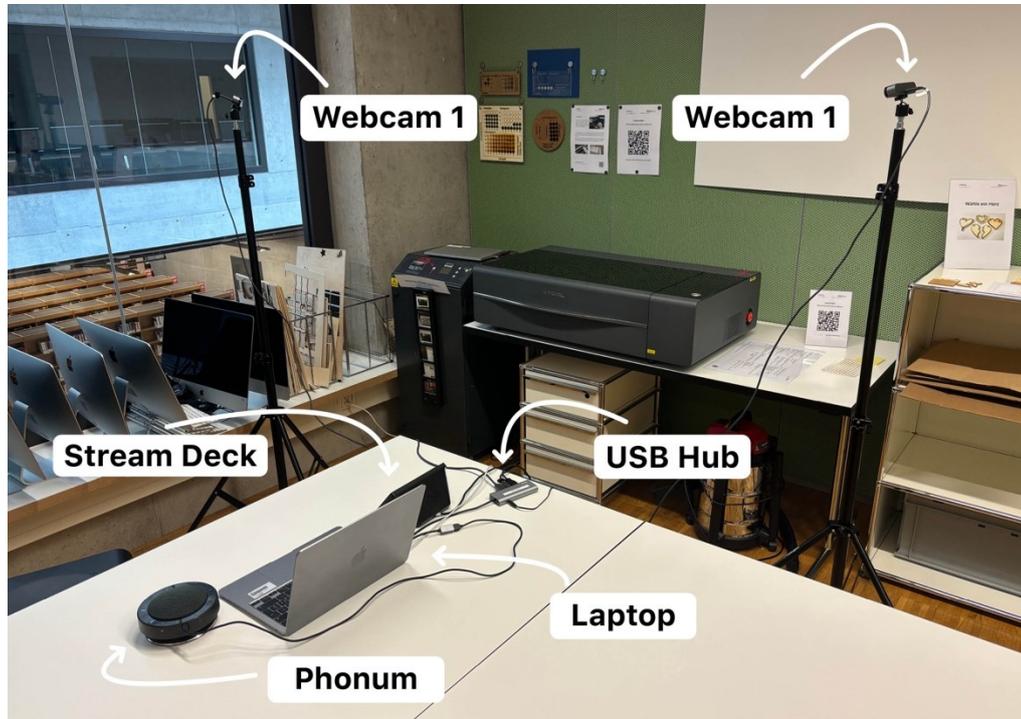
Mit den gewonnenen praktischen Erfahrungen wird das Bewerben der LabNet-Idee erleichtert, da Umsetzungen vorgestellt und die Rückmeldungen von den Projektteilnehmenden weitergereicht werden können.

² https://ttim.phbern.ch/wp-content/uploads/2024/07/20240618_Entwurf-2_Labnet-Video.mp4

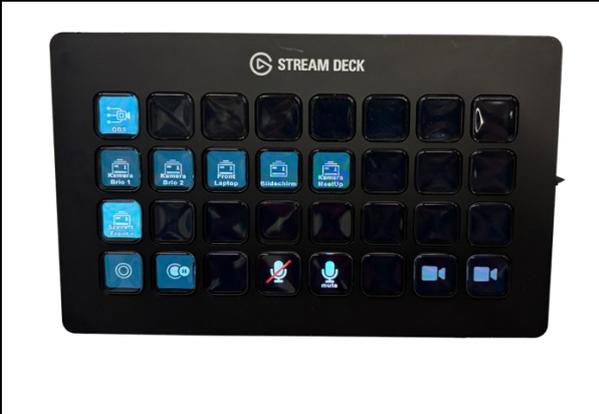
³ <https://ttim.phbern.ch/>

6 Anhang

6.1 Hardware- und Softwareliste zu den hybriden Kommunikationssettings



6.1.1 Hardware

Gerät (Laptop/Tablet/Smartphone o.ä.)	
	
Kontrollzentrale z. B. Stream Deck XL	USB Hub
Mit dem StreamDeck kann zwischen den in OBS-Studio vorbereiteten Kameraszenen leicht hin- und hergewechselt werden.	An den USB Hub werden alle Kameras angeschlossen (das PHONUM ist über Bluetooth mit dem Laptop verbunden) + Netzteil!
	
Webcam: z. B. 2x Logitech BRIO 4K Stream Edition	
Die beiden Brio Kameras werden über Kabel am USB Hub eingesteckt. Anschliessend sind sie mit dem Laptop/Tablet verbunden.	
	
Gruppenmikrofon: z. B. PHONUM Wireless Bluetooth Speakerphone (beyerdynamic)	Adapter USB 3 zu USB-C

Das PHONUM wird über Knopfdruck an der Seite eingeschaltet. Anschliessend ist das Speakerphone über Bluetooth mit dem Laptop verbunden.



Adapter USB 3 zu USB-C
Wird nur benötigt, wenn das Phonum an einen Mac-Gerät angeschlossen werden soll.



2x Stativ z. B. Walimex pro

2x Stative um die beiden Webcams (z. B. BRIO 4K Stream) positionieren zu können.



6.1.2 Software

StreamDeck



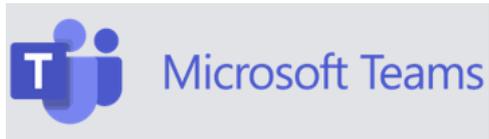
<https://www.elgato.com/cn/de/s/downloads>

OBS Studio



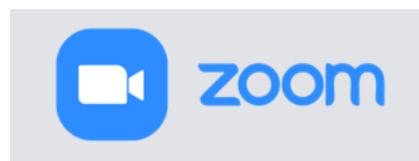
<https://obsproject.com/de/download>

MS Teams



<https://www.microsoft.com/de-ch/microsoft-teams/download-app>

ZOOM



<https://zoom.us/de/download>

6.2 Hardware- und Softwareliste zu den Making-Projekten

6.2.1 Hardware

3D-Drucker z. B. Original Prusa i3 MK3S+



<https://www.prusa3d.com/de/produkt/original-prusa-i3-mk3s-3d-drucker/>

Lasercutter z. B. xTool P2 Lasercutter



<https://educatec.ch/tectools/lasercutter/geraete/3630/xtool-p2-lasercutter>



<https://gwerder.digital/products/Absauganlagen/Absaugungen/bofa-absauganlage-ad-oracle-iq.html>

Schneideplotter z. B. Silhouette Cameo



<https://www.silhouetteamerica.com/cameo>

6.2.2 Software

Tinkercad



AUTODESK®
TINKERCAD®

<https://www.tinkercad.com>

Silhouette Studio



silhouette

<https://www.silhouetteamerica.com/software>

Prusa Slicer



Prusa Slicer

[_https://www.prusa3d.com/de/page/prusaslicer/](https://www.prusa3d.com/de/page/prusaslicer/)

xTool Creative Space



xTool Creative Space

<https://www.xtool.eu/pages/software>