

Pierre Dillenbourg · Alberto Cattaneo · Jean-Luc Gurtner · Richard Lee Davis
Redakteure

Bildungstechnologien für die Berufsbildung

Erfahrungen als digitale Knetmasse



Bildungstechnologien für die Berufsbildung

Erfahrungen als digitale Knetmasse

Pierre Dillenbourg · Alberto Cattaneo · Jean-Luc Gurtner · Richard Lee Davis
Redakteure



EHB

EIDGENÖSSISCHE
HOCHSCHULE FÜR
BERUFSBILDUNG

Schweizer Exzellenz in Berufsbildung

EPFL

**UNI
FR**
■

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG
UNIVERSITÄT FREIBURG

Redakteure

Pierre Dillenbourg,
ETH, Lausanne

Alberto Cattaneo,
EHB, Lugano

Jean-Luc Gurtner,
Universität Freiburg, Freiburg

Richard Lee Davis,
ETH, Lausanne

Verleger

EHB
ETH

Deckblatt

Adobe Stock

Danksagungen

Das vorliegende Buch stellt die Ergebnisse der Forschungsarbeiten vor, die im Rahmen des Projekts «Dual-T: Technologien für Berufsbildung», finanziert durch das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI, durchgeführt wurden.

Sie gibt nicht notwendigerweise die Meinung des SBFI wieder, und das SBFI ist nicht verantwortlich für die eventuelle Verwendung ihrer Inhalte.

© 2022

Alle Rechte an geistigem Eigentum
bleiben bei den Autoren.

Einleitende Anmerkung

Das vorliegende Volumen ist eine Übersetzung der online auf der Website der EHB frei zugänglichen englischen Originalausgabe «Educational Technologies for Vocational Training. Experiences as Digital Clay».

Index

Einleitung	6
Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis	
Kapitel 1	
Das Schweizer Berufsbildungssystem	13
Pierre Dillenbourg	
Kapitel 2	
Lerntechnologien als leistungsfähige Möglichkeit, aus dem Wechsel eine Chance zu machen, theoretisches Wissen in die Praxis zu integrieren: Das Erfahrungsraum-Modell	22
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner	
Kapitel 3	
Wichtige Erfahrungen sammeln und speichern: In Zusammenarbeit mit Bäckern und Köchen	27
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Elisa Motta, Laetitia Mauroux	
Kapitel 4	
Erfahrungen austauschen: In Zusammenarbeit mit Malern	39
Jean-Luc Gurtner, Alberto Cattaneo, Alessia Coppi	
Kapitel 5	
Erfahrungen kommentieren: In Zusammenarbeit mit Bekleidungsgestaltern und weiteren Berufen	50
Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Valentina Caruso, Alessia Coppi	
Kapitel 6	
Erfahrungen lenken: In Zusammenarbeit mit Logistikern	61
Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey	

Kapitel 7	
Erfahrungen erweitern: In Zusammenarbeit mit Zimmerleuten	75
Pierre Dillenbourg, Sébastien Cuendet, Lorenzo Lucignano und Jessica Dehler-Zufferey	
Kapitel 8	
Erfahrungen ausdehnen: In Zusammenarbeit mit Floristen und Gartenbauern	89
Pierre Dillenbourg, Kevin Gonyop Kim	
Kapitel 9	
Berufsbildungsanalytik	102
Richard Lee Davis, Son Do-Lenh, Mina Shirvani Boroujeni, Ramtin Yazdanian	
Kapitel 10	
Synthese	115
Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis	
Schlusswort	118
Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe und P. Robert-Jan Simons	
Literatur	128

Einleitung

Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis

Als Sie das letzte Mal in der Bäckerei waren, haben Sie sich gefragt, wie der Bäcker ausgebildet wurde? Hat er theoretische oder nur praktische Kurse besucht? Und Ihre Automechanikerin? Wissen Sie, wie lange ihre Ausbildung dauerte oder ob sie allgemein oder spezifisch für eine Automarke war? Wie lange hat ihre Ausbildung gedauert und wurde sie während dieser Zeit bezahlt?

Ähnlich wie bei den meisten Menschen sind Sie möglicherweise nicht in der Lage, diese Fragen vollständig zu beantworten. In der Tat variieren diese Antworten von Land zu Land, oft je nach Berufsstand. In der Schweiz, wo die Berufsbildung eine zentrale Rolle in der Bildungslandschaft spielt, könnten die Bürgerinnen und Bürger Antworten geben. Sie würden Ihnen sagen, dass die Berufsbildung für zwei Drittel der Schweizer Jugendlichen gilt, dass sie während der Sekundarstufe II (\pm 16–20 Jahre) unterrichtet wird und dass sie viele Berufe abdeckt (Verkäufer, Zimmerleute, Friseure, Büroangestellte). In der Tat fallen über 240 Berufe in die Berufsbildung. Sie könnten auch erklären, dass das schweizerische Berufsbildungssystem als «dual» bezeichnet wird, weil die meisten Lernenden abwechselnd ein bis zwei Tage pro Woche in der Schule sind und in einem Betrieb als Angestellte arbeiten, wo sie einen Lohn beziehen.

Dies sind einfache Fragen, aber übergeordnete Fragen sind seit vielen Jahren von den örtlichen Universitäten nicht behandelt worden. Ist das Berufsbildungssystem der Schweiz tatsächlich wirksam? Bieten die Ausbildungsbetriebe den Lernenden eine qualitativ hochwertige Betreuung? Sind die schulischen Inhalte arbeitsplatzrelevant? Sind Auszubildende eher Kosten oder Nutzen für Unternehmen? Gibt es Lernende, die ihre Ausbildung abbrechen, und wenn ja, aus welchen Gründen? Seit Jahrzehnten beschäftigen sich viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an den Schweizer Universitäten mit anderen Bildungsbereichen, vom Kindergarten bis zum lebenslangen Lernen. Das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), also das für die Berufsbildung zuständige Bundesamt, hat zu Beginn dieses Jahrhunderts verschiedene Konsortien aufgefordert, Fördermittel für Forschung zu verschiedenen Themen zu beantragen. Eines dieser Themen befasste sich mit der Entwicklung digitaler Technologien im Bereich der Berufsbildung, und wir erhielten dieses Forschungsstipendium im Rahmen einer Partnerschaft aus vier Einrichtungen (siehe Danksagungen).

Dieses Buch fasst 15 Jahre Forschung (2007–2021) zur Nutzung digitaler Technologien für die Berufsbildung zusammen. Mit anderen Worten: Unsere Aktivitäten begannen im selben Jahr, als das erste iPhone auf den Markt kam! Vier Forschungsgruppen bildeten das Kompetenznetzwerk (Leading House) zum Thema DUAL-T, wobei T für Technologien steht und DUAL für das Berufsbildungssystem der Schweiz, das sich weitgehend auf den Wechsel von Schul- und Arbeitstagen stützt. Dieses einzigartige Langzeitforschungsprojekt hat mehr als 50 Wissenschaftler zusammengebracht, 13 Dissertationen verfasst, zur Entwicklung vielfältiger digitaler Lernumgebungen geführt und Dutzende empirischer Studien an Tausenden von Lernenden und Hunderten von Lehrenden und Berufsbildnern in Unternehmen ermöglicht. DUAL-T hat ein Netzwerk von Akteuren aufgebaut, darunter Berufsfachschulen und Unternehmen, aber auch viele Berufsverbände und kantonale oder nationale öffentliche Körperschaften. Dieses Buch enthält keine detaillierte Darstellung all dieser Aktivitäten, die an anderer Stelle veröffentlicht wurden. Aber es gibt mehrere Antworten auf die Frage:

«Welche digitalen Technologien tragen bei zur Verbesserung der beruflichen Bildung?»

In den Berufsbildungssystemen wie auch in anderen Bildungssektoren wird die Wahl der Bildungsplattformen nicht von den Lehrkräften, sondern häufig von der Schule, dem Distrikt oder einer höheren Hierarchieebene getroffen. In den 15 Jahren, in denen wir mit den Schulen verhandelt haben, lehnten es viele Lehrende ab, eines unserer Instrumente zu benutzen, weil sie durch diese Top-down-Entscheidungen eingeschränkt waren. In diesem Buch wollten wir Designentscheidungen

so unabhängig wie möglich von Schulplattformen treffen. Einige Einschränkungen liessen sich nicht vermeiden, aber einige Ideen, für die unsere Tools genutzt wurden, konnten mit WhatsApp, Instagram, MS Teams und Google Drive umgesetzt werden.

Zielgruppe

Die Berufsbildungssysteme in der ganzen Welt, ausgenommen in Österreich, Deutschland und teilweise in den Niederlanden, unterscheiden sich vom schweizerischen Berufsbildungssystem. Besonderes Augenmerk haben wir jedoch darauf gelegt, unsere Arbeit so zu beschreiben, dass sie über die Schweizer Grenzen hinaus aussagekräftig ist. Wir haben dieses Buch geschrieben, weil wir glauben, dass viele der von uns behandelten Themen für jedes Berufsbildungssystem weltweit relevant sind, wie etwa die Unterschiede zwischen den in der Schule vermittelten und den vom Beruf geforderten Kenntnissen. Darüber hinaus sind wir der Meinung, dass viele der von uns erprobten Lösungen und ganz allgemein der von uns entwickelte pädagogische Ansatz auch über die berufliche Bildung hinaus nützlich sein könnten, d. h. überall dort, wo formelle und informelle Lernangebote stattfinden, was fast überall im Berufsleben geschieht.

Wir haben dieses Buch auch als Aufforderung an die internationale Gemeinschaft im Bereich der Lernwissenschaften und der Bildungstechnologien verfasst, dem Berufsbildungssystem im eigenen Land mehr Aufmerksamkeit zu schenken, auch wenn es anders strukturiert ist. Da viele Forschende in Universitätslaboren keinen Berufsbildungsweg durchlaufen haben, wird der Berufsbildungskontext in wissenschaftlichen Veröffentlichungen eindeutig unterbewertet. Wir möchten sogar hinzufügen, dass einige der von uns angesprochenen Themen auch über die berufliche Bildung hinaus relevant sind: Manipulation anfassbarer Objekte, Augmented Reality oder Learning Analytics sind Angebote, die jeden Bildungssektor bereichern. Daher erwarten wir von diesem Buch Anregungen für viele Bildungswissenschaftler, unabhängig von den Fachgebieten und Ländern, die in ihre Studien involviert sind.

Potenzielle Effekte

Welche Auswirkungen haben Massive Offene Online-Kurse (MOOC) auf die Bildung? Solche kniffligen Fragen wurden uns in den letzten Jahren oft gestellt. Genau genommen, kann man das nur mit «keine» beantworten oder, um es ausführlicher auszudrücken: Möglicherweise sind gute MOOC besser als schlechte MOOC. Diese «Binsenweisheit» gilt für jede Variation dieser Frage, etwa wenn man MOOC durch andere Begriffe wie Augmented Reality, Künstliche Intelligenz und Robotik ersetzt. Die Geschichte der Lerntechnologien ist gepflastert mit Überverallgemeinerungen und den damit einhergehenden Übererwartungen, die Ergebnis einer Kombination aus Enthusiasmus und Naivität oder kommerziellen Interessen sind. Überzogene Erwartungen schaden der Bildung, da sie unweigerlich zu Enttäuschungen führen. Wir haben viele empirische Studien mit den in diesem Buch beschriebenen digitalen Umgebungen durchgeführt, teils mit enttäuschenden Ergebnissen, teils mit statistisch signifikanten Zuwächsen bei den Lernerfolgen. Doch selbst in den erfolgreichen Fällen sind wir sorgsam darauf bedacht, nicht daraus zu schliessen, dass Technologie X einen Effekt Y hat, dass z. B. anfassbare Schnittstellen den Lernerfolg steigern. Überverallgemeinerungen erzeugen übertriebene Erwartungen. Ein Experiment mit erfolgreichen Ergebnissen garantiert nicht, dass ein Werkzeug, das die gleiche Technologie verwendet, die gleichen Ergebnisse liefert. **Diese Experimente zeigen eine potenzielle, keine garantierte Wirkung.** Selbst wenn beispielsweise eine Studie zeigt, dass eine AR-Umgebung (Augmented Reality) den Lernerfolg erhöht, kann nicht extrapoliert werden, dass jede AR in jedem Kontext genauso wirksam ist. Natürlich wäre es einfach, eine weitere AR zu entwerfen, in der die Lernenden keine Kenntnisse erwerben. Heisst das, wir können aus einem erfolgreichen Experiment nichts schliessen? Natürlich nicht! Es ist wichtig, hier hervorzuheben, dass die Technologie keinen direkten, automatischen Effekt auf das Lernen hat, da das Verhältnis zwischen den technologischen Entscheidungen und den Lernergebnissen mehrstufig ist. Diese Beziehung besteht aus vier Schritten: (1) Wenn sie von Lehrenden und Auszubildenden angemessen in die Ausbildung integriert wird, ermöglicht die Techno-

logie den Lernenden, (2) spezifische Einzel- oder Teamaktivitäten (z. B. Problemlösung, Lesen, Argumentieren, Erklären) durchzuführen, wobei diese Aktivitäten (3) kognitive Prozesse auslösen, die (4) die Fähigkeiten oder Kenntnisse der Lernenden beeinflussen. So kann man z. B. mit einem AR-System (1) für Gartenbauer gute Ergebnisse erzielen und mit einem anderen AR-System schlecht abschneiden (4), weil die Aktivitäten (2) der Auszubildenden im letzteren Fall nicht die erforderlichen kognitiven Prozesse auslösen, wie sie es im ersten Beispiel taten. Ziel dieses Buches ist es, diese Kausalkette aufzudecken. In den folgenden Kapiteln werden die Gestaltungsmerkmale einer Technologie (1) entwirrt, die vielfältige Berufsbildungsaktivitäten ermöglicht (2), von denen wiederum anzunehmen ist, dass sie kognitive Prozesse (3) auslösen, die das Lernen fördern (4). Wir werden sogar sehen, dass es einen fünften Faktor in der Gleichung gibt: die Art und Weise, wie der oder die Lehrende diese Aktivitäten im Unterricht organisiert.

Forschungsfragen und Aufbau dieses Buches

Zunächst informieren wir die Leserinnen und Leser über das Schweizer Berufsbildungssystem. **Kapitel 1** gibt keinen umfassenden Überblick über dieses System, sondern liefert den Kontext, der nicht nur für das Verständnis unserer Forschungsaktivitäten erforderlich ist, sondern auch, um unter den Beiträgen des vorliegenden Buches diejenigen zu identifizieren, die in verschiedene berufliche oder anderweitige Bildungssysteme übernommen werden können.

Wir geben nun einen Überblick über die anderen Kapitel in chronologischer Reihenfolge.

Am Anfang stand eine einfache Frage: *Kann die Berufsbildung die gleichen Lerntechnologien nutzen wie andere Schulen der Sekundarstufe II?* Die Antwort ist eher positiv für Lerntechnologien, die keine ersten Inhalte enthalten, wie Systeme, die sich auf das Lernmanagement, die Beteiligung am Unterricht und die Zusammenarbeit beziehen, wobei die Inhalte von Lehrenden und Lernenden ergänzt werden. Viele Berufsbildungseinrichtungen nutzen die gleichen allgemeinen Instrumente wie andere Schulen, etwa Moodle, Zoom, Google Drive oder Clicker. Bei Tools, die spezifische Inhalte einbetten, wie Online-Kurse oder wissenschaftliche Simulationen, fällt die Antwort dagegen anders aus. Die Lehrpläne der beruflichen Bildung umfassen unter anderem einen Teil dessen, was an Gymnasien unter dem Dach der «Allgemeinkultur» – auch bekannt als «Sprache, Kultur und Gesellschaft» – unter anderem in Mathematik, Fremdsprachen und Staatsbürgerschaft unterrichtet wird. Diese Kenntnisse werden jedoch von Lehrenden im Bereich der Berufsbildung häufig konkreter und weniger akademisch angegangen als in allgemeinbildenden Sekundarschulen, da letztere die Schüler auf die Universität vorbereiten. Zum Beispiel kann eine Simulation im Fach Chemie oder ein Online-Kurs über mathematische Funktionen, die für die allgemeine Oberstufe nützlich sind, für Lernende in einer berufsbildenden Schule zu theoretisch sein. Im eigentlichen Sinn bezieht sich unsere übergreifende Forschungsfrage nicht so sehr auf die Wiederverwendung allgemeiner Lerninstrumente, die in den Gymnasien eingesetzt werden, sondern auf die Erforschung von Technologien, die sich von allgemeinen Technologien unterscheiden und somit von spezifischer Relevanz für den Berufsbildungskontext sind. Um diese Verzerrung widerzuspiegeln, kann unsere Frage wie folgt umformuliert werden: **Würde ein Berufsbildungssystem von spezifischen Lerntechnologien profitieren, die gezielt auf die Bedürfnisse der Berufsbildung zugeschnitten sind?**

Auch wenn unsere Darstellung des Berufsbildungssystems nicht dessen ganze Komplexität abdeckt, wird sofort erkennbar, was deutsche Kollegen das «Zwei-Orte-Problem» nennen, d. h. die Kluft zwischen den beiden Teilen des dualen Systems: Schule und Arbeitsplatz. In Gesprächen mit Lehrenden, Berufsbildnerinnen oder Berufsbildnern wurde uns schnell klar, dass zwischen diesen beiden Orten «skills gaps» – Qualifikationslücken – bestehen: Was die Auszubildenden in der Schule lernen, wird von ihnen nicht unbedingt als nützlich für ihre Arbeit empfunden, und was sie am Arbeitsplatz tun, erlaubt ihnen nicht, dem, was in der Schule gelehrt wird, einen Sinn zu geben. Diese beiden Orte unterscheiden sich nach der Art der Kenntnisse und

Fertigkeiten, die sie vermitteln, aber auch nach ihren Zielen. Während Arbeitsplatzmanager kurzfristig eine angemessene Produktivität erwarten, haben die Schulen eine längerfristige Perspektive. Beispielsweise erwarten Lagerleiter oder Lagerleiterinnen bei der Zuweisung von Aufgaben an Logistikassistenten und -assistentinnen von diesen keine Reorganisation des Lagers (denn das ist Aufgabe der Leitung), sondern lediglich effizientes Arbeiten nach den Anweisungen der Berufsbildnerinnen und Berufsbildner. Auf der anderen Seite lehren die Schulen, wie Lagerräume optimiert werden können – eine Fertigkeit, von der die Auszubildenden vielleicht nach 10 Berufsjahren profitieren, wenn sie ihrerseits ein Lager leiten. Mit anderen Worten: Selbst wenn Kompetenzen nicht übertragen werden können, d. h. wenn das in der Schule Gelernte im Alltag nicht direkt angewendet werden kann, sind sie kein Fehler im System, sondern ein wesentliches Merkmal des Systems: Beide Institutionen, die Schule und das Unternehmen, haben komplementäre Funktionen, deren Wirkung sich möglicherweise erst langfristig entfaltet. Um es anders auszudrücken: Ein System wäre kein duales System, wenn die Lernenden in der Schule und in den Unternehmen identische Erfahrungen machen würden. Daher besteht die Lösung des «Zwei-Orte-Problems» nicht darin, diese Qualifikationslücke zu beseitigen, d. h. die Unterschiede zwischen der schulischen und der betrieblichen Ausbildung zu beseitigen, wenn dies überhaupt machbar wäre. Stattdessen versuchen wir, von diesen Unterschieden zu profitieren, indem wir Arbeitserfahrung und schulische Aktivitäten miteinander verknüpfen und **Technologien nutzen, um den Lernenden zu zeigen, wie sie das Gelernte in einem anderen Kontext nutzen können**. Diese erste Hypothese bezieht sich auf den **Bau digitaler Brücken** zwischen Schule und Arbeitsplatz. Dieses Prinzip setzen wir in die Tat um, indem wir Erfahrungen am Arbeitsplatz als digitale Substanz erfassen, um Unterrichtsaktivitäten zu unterstützen und umgekehrt Arbeitsplatzaktivitäten mit übertragbarem Schulwissen zu bereichern. Diese Vision wird als «**der Erfahrungsraum**» bezeichnet und in **Kapitel 2** thematisiert. **Kapitel 3, 4 und 5** veranschaulichen, **wie diese Vision Lehrende und Auszubildende in fünf sehr unterschiedlichen Berufen** – Bäcker und Köche (Kapitel 3), Maler (Kapitel 4) sowie Bekleidungsdesigner und Kosmetiker (Kapitel 5) – **inspiriert hat** und wie es ihnen gelungen ist, die Technologien, die wir ihnen zur Verfügung gestellt haben, zu nutzen, um die verschiedenen Lernorte besser aufeinander abzustimmen.

Auszubildende müssen Fertigkeiten erlernen, die sich von denen anderer Jugendlicher in der Sekundarschule unterscheiden. In den berufsbildenden Lehrplänen finden sich berufsspezifische Kurse wie «Haarstruktur» für Friseure oder «Holztypologie» für Schreiner. Die Vielfalt dieser Studiengänge spiegelt die Vielfalt der 240 Berufe im schweizerischen Berufsbildungssystem wider. Viele Lernaktivitäten in diesen Lehrplänen teilen die Notwendigkeit, physische Objekte zu manipulieren oder berufliche Tätigkeiten auszuführen, was in der allgemeinen Sekundarschule selten der Fall ist. Auch die Berufsfachschulen profitieren von digitalen Technologien, bei denen Auszubildende die Möglichkeit haben, berufsbezogene Gegenstände physisch oder zumindest virtuell zu manipulieren. Als wir 2006 begannen, beschränkten sich die Interaktionen zwischen einem Lernenden und einer Lernumgebung zumindest in der täglichen Praxis auf eine Maus und eine Tastatur. Um das Lernen stärker mit physischen Interaktionen zu bereichern, haben wir die Entwicklung von anfassbaren Schnittstellen, aber auch von AR- und sogar Virtual-Reality-Systemen vorangetrieben. Heute, mit dem aufkommenden Internet der Dinge und der Allgegenwart der additiven Fertigung, muss den Akteuren des Berufsbildungssystems die Kontinuität zwischen digitalen und physischen Aspekten nicht mehr nachgewiesen werden. In den **Kapiteln 6 bis 8** wird beschrieben, **wie solche Technologien in den Berufsfachschulen entwickelt und eingesetzt wurden**, und wir berichten über die Ergebnisse empirischer Studien, die in vier verschiedenen Berufen durchgeführt wurden: Logistiker (Kapitel 6), Zimmerleute (Kapitel 7), Floristen und Gärtner (Kapitel 8).

Je komplexer ein System, desto grösser ist der Aufwand, um seine Funktionsweise zu kontrollieren. Ein Auto oder ein Flugzeug sind heutzutage komplexe Systeme, die vollständig mithilfe von Sensoren überwacht werden. Einige dieser Sensoren erfassen Daten, die von den Komponenten der Systeme selbst stammen; andere erfassen Daten aus der Umgebung der Systeme. Auch Bildungssysteme sind mit «inneren» und «äusseren» Sensoren ausgestattet: Sie erfassen beispielsweise Ausfallraten

(innen) oder verfolgen die berufliche Entwicklung der Absolventen (ausser). Bei diesen Sensoren handelt es sich um recht langsame Datenerhebungsprozesse wie Umfragen oder die Aggregation von Schulstatistiken. Die Regelungszyklen umfassen daher mehrere Jahre. Unsere dritte Annahme ist, dass sich die Regulierung durch eine schnellere Einführung von Lernanalysen (Learning Analytics) beschleunigen liesse. Lernanalysen sind Verfahren zur Verfolgung des Status der Lernenden auf verschiedenen Granularitätsebenen – von der individuellen Leistung in einer einzigen Übung bis zur nationalen Abbrecherquote in einigen Ausbildungsbereichen. Technologien, die Daten systematisch und schnell erheben und mit maschinellen Lernverfahren verarbeiten, stellen Lehrenden und allen, die Entscheidungen treffen müssen, Informationen schneller bereit. So könnte man, ausreichend grosse Datensätze vorausgesetzt, mithilfe bestimmter maschineller Lernverfahren vorhersagen, ob Auszubildende ihre Ausbildung abbrechen oder nicht. Mehrere Projekte im Rahmen von DUAL-T haben die spezifischen Vorteile von **Lernanalysen** für das Berufsbildungssystem untersucht, wie in **Kapitel 9** beschrieben.

Verschiedene Technologien statt einer bestimmten Technologie

In diesem Buch geht es nicht um eine bestimmte digitale Technologie. Die vielen Begegnungen mit Auszubildenden, Lehrenden und Berufsbildnerinnen oder Berufsbildnern sowie unser Ansatz, die in diesen Gesprächen ermittelten Bedürfnisse der jeweiligen Gruppen zu berücksichtigen, haben uns veranlasst, verschiedene technische Optionen und Lösungsmöglichkeiten zu prüfen.

Unser Anliegen ist, dass die Relevanz anderer Technologien, wie Online-Kurse, Übungen, Simulationen und intelligente Tutoringsysteme, nicht unterschätzt werden darf. Unsere technologischen Entscheidungen ergeben sich aus unserer Suche nach speziellen Technologien für das Berufsbildungswesen. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist, dass viele der von uns entwickelten Werkzeuge berufsspezifisch sind: So wurde unser AR-Tool für ein intuitives Verständnis der Statik für Zimmerleute entwickelt; es ist für andere Bauberufe (Maurer, Metallbau, Tischler) relevant, nicht aber für Verkäufer, Pflegehelfer oder Köche. Die didaktischen Ideen, die hinter diesen spezifischen Werkzeugen stehen, können jedoch durchaus für viele weitere Berufe geeignet sein. Die speziell für die Ausbildung von Malern im Bereich Sicherheit und Umweltschutz geschaffenen Rahmenbedingungen lassen sich *mutatis mutandis* problemlos auf die vielen Berufe übertragen, die sich mit diesen Themen befassen, wie Elektriker, Chemielaborant, Galvaniker, Kappsägenbediener und Karosseriebauer, um nur einige zu nennen.

Worum es in diesem Buch nicht geht

In den letzten sechs Jahren vor der Pandemie hat sich die Einstellung der Bildungsakteure zur digitalen Transformation des Berufsbildungssystems rasant verändert. Der Hauptgrund für diese Entwicklung liegt leider nicht in der Arbeit, über die hier berichtet wird, sondern in der digitalen Transformation der Berufe selbst: Die vierte industrielle Revolution – Additive Manufacturing, Internet of Things, Systemanalyse, On-Demand-Produktion, Online-Märkte – betrifft fast alle Berufe. Ein Kfz-Mechaniker braucht heute noch die Fertigkeiten, mechanische Teile zu montieren, aber er braucht auch ein Verständnis von Sensoren und digitalen Diagnosewerkzeugen, die man heute in allen Fahrzeugen findet. Das Berufsbildungssystem der Schweiz ist darauf ausgelegt, sich rasch an die Entwicklung der Berufe anzupassen; die Überwachung dieser Veränderungen ist Teil seiner DNA. Nur wenige Bildungsakteure unterscheiden diese Transformation der Berufe tatsächlich von der Entwicklung der Lerntechnologien – eine Verwirrung, die uns tatsächlich geholfen hat, die Aufmerksamkeit zahlreicher Akteure zu gewinnen. Dieses Buch befasst sich jedoch nicht mit dem ersten Thema, sondern nur mit dem zweiten. Die Analyse der Beschäftigungsentwicklung gehört zu anderen Bereichen, die sich von unseren unterscheiden, nämlich den Wirtschaftswissenschaften und der Soziologie, obwohl wir sie bei der Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens zur Vorhersage neuer Ausbildungsbedürfnisse berührt haben (vgl. Kapitel 9). Auch wenn diese beiden Facetten

unterschiedlich sind, stärken sie sich gegenseitig, indem sie das Bewusstsein dafür schärfen, wie Berufsbildungseinrichtungen ihre Anpassung an die digitale Revolution beschleunigen sollten.

Das im vorigen Absatz verwendete Wort «Revolution» ist zwar relevant, wenn es um die schnelle Umgestaltung von Arbeitsplätzen geht, aber es trifft auch auf die Umgestaltung der Schulen zu. Journalisten bitten uns oft, die nächste grosse Revolution im Bildungswesen vorauszusagen. «Werdet ihr Lehrende durch Roboter ersetzen?» ist keine ungewöhnliche (aber eine dumme) Frage. «Wie wird Bildung im Jahr 2050 aussehen?» ist eine weitere häufig gestellte Frage, die nicht seriös beantwortet werden kann. Ja, es gibt tiefgreifende unumkehrbare Veränderungen im Bildungssystem. Denken Sie an Wikipedia oder daran, dass ein Lehrling mehrere Videos auf YouTube finden kann, die fast jedes Konzept oder jede Technik erklären. Es gibt bedeutsame Trends, vor allem kulturelle Entwicklungen, aber es wird in den nächsten Jahrzehnten keine tiefgreifende Bildungsrevolution erwartet. **In diesem Buch geht es nicht um Zukunftsprognosen**, ob dramatisch oder glorreich. Es geht darum, alle Beteiligten darüber zu informieren, **was mit den vorhandenen Technologien heute bereits möglich ist**. Die Zukunft steht noch nicht fest: Sie hängt davon ab, wie Lehrende, Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter sowie Auszubildende digitale Chancen in Lernerfolge umsetzen.

Ist das Buch relevant für **Unternehmensstrainings**? Wir lassen Sie urteilen, denn die Antwort ist subtil. Der offensichtliche Unterschied zwischen Berufsbildung und betrieblicher Ausbildung besteht darin, dass es sich bei ersterer um die Anfangsphase der Ausbildung handelt und letztere an eine berufliche Laufbahn anknüpft. Für Auszubildende ist die Berufsbildung Pflicht; Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wählen in der Regel die Aus- und Weiterbildung im Betrieb. Erstere dauert drei bis vier Jahre, letztere einige Tage im Jahr. Ein spürbarer Unterschied ist die Zukunft der Auszubildenden. Bei der Ausbildung für einen Beruf verspricht das Unternehmen nicht, die Auszubildenden am Ende einzustellen. Einige Unternehmen stellen sogar Auszubildende ein, obwohl sie explizit wissen, dass sie diese nicht übernehmen werden. Auf der anderen Seite werden Mitarbeitenden, die im Unternehmen verbleiben sollen, betriebliche Schulungen angeboten; mehrere Schulungsleitende haben uns ihre Sorge mitgeteilt, dass gut ausgebildete Mitarbeitende das Unternehmen verlassen könnten.

Trotz dieser Unterschiede stehen die betriebliche und die berufliche Bildung vor einer gemeinsamen Herausforderung: Wie wird das im Rahmen von Lern-/Ausbildungsaktivitäten erworbene Wissen tatsächlich so genutzt, dass die Leistungsfähigkeit oder die Arbeitszufriedenheit der Mitarbeitenden zunimmt? Dies ist ein Thema für viele Auszubildende, die sich über die Nutzlosigkeit der Schule beklagen, sowie für Mitarbeitende, die sich bei der Beurteilung der Relevanz eines Seminars häufiger über die Qualität des Kaffees als über die Relevanz des Kursinhalts äussern. Wir sind noch nie einem Chief Learning Officer oder Personalchef begegnet, der den Return on Investment für seine Mitarbeiterschulungen berechnet und sich diese Frage gestellt hat: Wie hoch sind – bezogen auf jeden für die Ausbildung ausgegebenen Dollar – die Gewinne des Unternehmens durch Produktivitäts- und Umsatzanstiege, Abfallreduktion und die grössere Zufriedenheit oder stärkere Bindung von Kunden und Mitarbeitenden? Wie sich Bildungs- und Ausbildungsmassnahmen tatsächlich auf die berufliche Praxis auswirken, ist sowohl in der Berufsbildung als auch in der betrieblichen Ausbildung eine wichtige Frage; doch wird ihr in der Berufsbildung mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Daher kann dieses Buch auch die Verantwortlichen für die betriebliche Ausbildung inspirieren.

Danksagungen

Folgende Forschende waren an diesem Projekt beteiligt:

An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Lausanne: Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Jessica Dehler-Zufferey, Beat Schwendimann, Katerina Oertle, Richard Lee Davis, Guillaume Zufferey, Son Do-Lenh, Sébastien Zufferey, Lorenzo Lucignagno, Mina Bouroujani, Kevin Gonyiop Kim, Ramtin Yazdanian, Manfred Kunzle, Emily Lettry und Florence Colomb, viele Masterstudierende sowie Sommerpraktikantinnen und -praktikanten.

An der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung (EHB): Alberto Cattaneo, Christoph Arn, Elena Boldrini, Valentina Caruso, Alessia Coppi, Martin Dobricki, Gianni Ghisla, Elisa Motta, Markus Sanz und Berno Stoffel sowie viele Lehrende und Studierende, die uns bei der Umsetzung unserer Feldversuche geholfen haben.

An der Universität Freiburg: Jean-Luc Gurtner, Joris Felder, Nicole Furlan, Laetitia Mauroux, François Jimenez und Jessica Dehler-Zufferey.

An der Universität Genf (während der ersten Hälfte des Leading House): Mireille Betrancourt, Daniel Schneider, Monica Gavota und Giulia Ortoleva.

Das Leading House wurde von Pierre Dillenbourg koordiniert, in Zusammenarbeit mit Alberto Cattaneo und Jean-Luc Gurtner. Wir profitierten von einem tollen Beirat, der das Team jährlich traf: Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe und P. Robert-Jan Simons. Das Forschungsprogramm wurde von einer Forschungskommission unter Leitung von Fritz Oser, Frank Achen- tagen und Christiane Spiel betreut. Grosse Unterstützung erhielten wir von diesen Experten sowie vom Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), namentlich Josef Widmer, Serge Imboden, Johannes Mure und Isabelle Schenker.

Kapitel 1

Das Schweizer Berufsbildungssystem

Pierre Dillenbourg

Wenn Sie eine Krabbe auf dem weichen Sand eines Strandes sehen, werden Sie die 3D-Bewegungen ihrer Beine als äusserst komplex empfinden. Das sind sie auch. Diese Komplexität ergibt sich jedoch aus der Komplexität der Sandmikrolandschaft, die auf der Krabbenskala aus unzähligen unregelmässigen Hügeln und Tälern besteht. Dieses Kapitel zeigt, dass das Schweizer Berufsbildungssystem viel komplexer ist, als das Adjektiv «dual» vermitteln kann. Wie bei den Krabben ergibt sich diese Komplexität aus der Anpassung an die zugrunde liegende Schweizer Wirtschaftslandschaft und deren politischer Kultur. Das Verständnis, wie ein Bildungssystem in sein gesellschaftliches Ökosystem passt, ist eine Voraussetzung dafür, dass einige der in diesem Buch vorgestellten Ideen auf andere berufliche und nicht-berufliche Zusammenhänge übertragen werden können.

Dieses Kapitel beginnt mit einem Blick auf das Schweizer Berufsbildungssystem aus der Vogelperspektive, verdeutlicht dessen Komplexität und setzt es mit seinem Ökosystem in Beziehung. Es gibt viele Studien zur Berufsbildung in der Schweiz, die weit über dieses Kapitel hinausgehen. Wir wollen kein vollständiges Bild vermitteln, sondern auf einige Aspekte hinweisen, die es zu beachten gilt. Wer mit dem Berufsbildungssystem der Schweiz vertraut ist, kann dieses Kapitel natürlich überspringen oder sich einer originellen und subjektiven Sichtweise erfreuen, da drei der vier Herausgeber dieses Buches nicht in der Schweiz ausgebildet wurden.

Das Hochglanzbild

Was haben Guy Parmelin, Bundespräsident (zum Zeitpunkt des Schreibens), Sergio Ermotti, neuer CEO von UBS (einer der grössten Banken der Welt) und Claude Nobs (Gründer des Montreux Jazz Festivals) gemeinsam? Diese Frage wurde von vielen Schweizer Sprechern gestellt, was einen berechtigten Stolz auf das Schweizer Berufsbildungssystem offenbart. Die Antwort ist, dass die drei ihre Karriere mit einer beruflichen Ausbildung begonnen haben. Wenn man die gleiche Frage über französische Staatsoberhäupter stellt, wäre die Antwort eine «grande école» wie SciencesPo, ENA oder die Ecole Polytechnique. Der offizielle Schweizer Diskurs rückt die Berufsbildung in die Nähe von Roger Federer. Es kann argumentiert werden, ob dies übertrieben ist, ob die Feldpraktiken so glänzend sind wie die Postkarte, die den zahlreichen ausländischen Berufsbildungsdelegationen präsentiert wurde. Das System wird oft als einer der Gründe für die niedrige Arbeitslosenquote und die Gesundheit der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gepriesen, die das Herzstück der Schweizer Wirtschaft bilden. Dieser Zusammenhang wird von Ökonomen ausführlich diskutiert. Unabhängig davon, ob das Bild verschönert ist oder nicht, ergibt sich jedoch eine eigentümliche soziologische Tatsache: Kennen Sie ein anderes Land, das so stolz auf sein Berufsbildungssystem ist? Unsere Bundesbehörden sind bestrebt, diesen Ruf der Exzellenz, den sie als ein Asset der Schweizer Unternehmen im internationalen Wettbewerb erachten, aufrechtzuerhalten. Ihre Bereitschaft, unser Leading House für Lerntechnologien weiterzuentwickeln, spiegelt dieses kontinuierliche Streben nach Exzellenz wider.

Die Berufsbildung spielt in der Tat eine zentrale Rolle im gesamten Bildungssystem. Nach der Pflichtschulzeit haben die Schüler im Alter von etwa 16 Jahren die Wahl zwischen zwei Ausbildungsgängen für die Sekundarstufe II: dem beruflichen Bildungsweg, wo sie eine drei- oder vierjährige Lehre absolvieren, oder dem akademischen Bildungsweg, an dessen Ende sie das für den Hochschulzugang erforderliche Diplom (sogenannte «Maturität») erwerben. Im Sommer 2020 wurden 62 % der Sekundarschulabschlüsse an Auszubildende im Berufsleben abgegeben. Das Verhältnis zwischen Berufsbildung und Allgemeinbildung variiert von Kanton zu Kanton, wobei die Berufsbildung im deutschsprachigen Teil des Landes am populärsten ist. Tatsächlich ist diese Quote aber eine der höchsten weltweit.

Die Entscheidung der Jugendlichen ist nicht vollkommen frei. Jenseits der üblichen Formen des gesellschaftlichen Determinismus stehen ihr zwei Bedingungen entgegen. Erstens müssen die Schülerinnen und Schüler gute Leistungen in der Grund- und Sekundarstufe I erbringen, um Zugang zum akademischen Bildungsweg zu haben. In einigen Kantonen beginnt das Auswahlverfahren für Kinder bereits ab dem 10. Lebensjahr. Zweitens erfordert der Einstieg in eine berufliche Ausbildung den Abschluss eines Vertrags mit einem Arbeitgeber. Bezeichnend für die Berufsbildungskultur ist, dass Auszubildende in vielen Fällen einen Vertrag mit einem Unternehmen unterzeichnet haben müssen, bevor sie in eine Berufsfachschule aufgenommen werden. Da die Berufsbildung eine Schweizer Tradition ist, ist das Angebot an Lehrverträgen generell grösser als die Nachfrage. Doch gibt es in einigen von den kantonalen Behörden zu verwaltenden Berufen Diskrepanzen zwischen Angebot und Nachfrage (in die eine oder andere Richtung). Manche Jugendliche bekommen keinen Vertrag, weil sie in der Schule schlecht abschneiden, Verhaltensstörungen oder Sprachschwierigkeiten haben.

Das Ende der Pflichtschulzeit und der Beginn der Berufsausbildung erfolgen um das 16. Lebensjahr. Wichtig für uns ist, dass Journalisten diese Auszubildenden als «digital natives» bezeichnen würden. Als wir innovative Tools im Klassenzimmer testeten, war tatsächlich die erste Reaktion der Jugendlichen ein Griff in ihre Tasche, gefolgt von der Frage: «Kann ich ein Foto machen?» Der Schulleiter Michel Tatti erzählte uns, dass die Jugendlichen bei ihrer Abschlussfeier «als Kinder kommen und als Erwachsene gehen; wir begleiten sie in dieser wichtigen Lebensphase» (unsere Übersetzung). Während das Durchschnittsalter derjenigen, die einen Ausbildungsvertrag unterzeichnen, bei 18 Jahren liegt, entscheiden sich einige Lernende zunächst für eine andere Laufbahn, und einige Vorgesetzte bevorzugen etwas reifere Auszubildende. Für diese «Phase der Unsicherheit» bieten die kantonalen Behörden verschiedene Übergangsstrukturen an. Die Erfolgsquote ist hoch: 92 % der Auszubildenden erhalten ein Berufszertifikat (Rapport Suisse sur l'Education, 2018). Von denen, die ihren Vertrag verloren haben, haben 84 % eine weitere Ausbildung absolviert und 90 % haben diese erfolgreich abgeschlossen. Über das Standardzertifikat hinaus bestehen rund 50 % die Prüfung «Berufsmaturität», die den Zugang zu einer Fachhochschule ermöglicht (Rapport Suisse sur l'Education, 2018).

Die Berufsverteilung ist verzerrt. Auch wenn Klempner, Tischler und Bäcker in der beruflichen Bildung häufig als vorbildliche Berufe angesehen werden, sind 24 % Büroangestellte (Bank-, Versicherungs- oder öffentlicher Dienst), 14 % im Verkauf, 9 % im Baugewerbe und 9 % im Gesundheitswesen tätig. Die restlichen 44 % verteilen sich in abnehmender Folge auf andere Berufe, bis hin zu den seltenen Professionen wie Schmied, Akustiker und Holzblasinstrumentenbauer. Die Berufe, in denen wir unsere Ansätze erprobt haben, gehören nicht zu den am stärksten vertretenen: Wir haben uns hauptsächlich mit Berufen beschäftigt, in denen die Erfahrung der Auszubildenden durch die Herstellung von Gegenständen, wie z. B. einem Dach, einem Kuchen, einem Blumenstrauss, einem Garten oder einem Kleid, geprägt wird. Diese Ausrichtung, die wiederum in unseren Forschungsfragen begründet ist, spiegelt sich in den von uns entwickelten Lerntechnologien wider. Wir haben uns bewusst für diese Ausrichtung entschieden, die unsere Arbeit allerdings auch einschränkt.

Das Monatsgehalt der Auszubildenden beginnt bei rund 700 Franken und steigt mit den Jahren langsam an. Das sind etwa 11 % des durchschnittlichen Erwachsenengehalts in der Schweiz, aber dennoch ein beträchtliches Anfängergehalt. Für die Jugendlichen bedeutet das auch, dass sie von den üblichen 13 Wochen Schulferien auf nur 5 Wochen Ferien für Schweizer Mitarbeitende übergehen. Ökonomen haben gezeigt, dass die zu Beginn der Ausbildung geringe Produktivität der Lernenden durch deren höhere Produktivität im letzten Jahr kompensiert wird, was zu einem Gewinn für die betroffenen Betriebe führt (Strupler Leiser & Wolter, 2013).

Wechselmodi

Hauptmerkmal des Berufsbildungssystems in der Schweiz ist der Wechsel, d. h. eine Abfolge von Schul- und Betriebszeiten. Der Wechselmodus definiert die Häufigkeit der Übergänge zur Arbeit in der Schule.

Tatsächlich existieren **verschiedene Wechselsysteme** nebeneinander, wobei der wöchentliche Wechsel landesweit und berufsübergreifend mit Abstand am häufigsten anzutreffen ist. Es ist wichtig, tief in die Komplexität des Wechsels einzutauchen, denn sie resultiert aus der Anpassung an unterschiedliche Zusammenhänge, ähnlich wie die Krabben, die auf dem Sand spazieren gehen. Ziel der lokalen Anpassung ist es, die Ergebnisse des Berufsbildungssystems auf die Bedürfnisse der Unternehmen abzustimmen. Die technologischen Fragen, die wir behandeln, müssen dieser Vielfalt Rechnung tragen.

- Der **wöchentliche Wechsel** ist die prototypische Form des Schul-Arbeitsplatz-Wechsels in den Berufsbildungslehrplänen der Schweiz. Oft verbringen die Auszubildenden pro Woche einen Tag in der Schule und vier Tage am Arbeitsplatz, aber es können auch zwei und drei für bestimmte Berufe und Diplome oder Kantone sein. Bei einigen Lehrplänen kann das Verhältnis 2:3 im ersten Jahr und 1:4 in den folgenden Jahren oder umgekehrt sein. In den Berufsfachschulen besuchen die Auszubildenden sowohl allgemeine Klassen (Mathematik, Fremdsprachen, Buchhaltung) als auch berufstheoretische Kurse, die zum Beispiel für Tischler die Eigenschaften von Holz oder die Grundlagen der Statik thematisieren. Wie uns viele Auszubildende mitgeteilt haben, erwarten sie nicht viel von ihren Schultagen – abgesehen davon, dass sie weniger stressig sind als ein normaler Tag am Arbeitsplatz, an dem sie früher aufstehen und dem Produktionsrhythmus am Arbeitsplatz entsprechen müssen. Viele von ihnen haben in der Vergangenheit keine sehr positiven Erfahrungen in der Schule gemacht. Eine interessante Funktion des Schultages ist für die Jugendlichen, dass sie ihre Kenntnisse im jeweiligen Fachgebiet erweitern, indem sie ihre Erfahrungen mit Gleichaltrigen teilen. So könnte beispielsweise ein angehender Zimmermann in einem Betrieb arbeiten, der nur Chalets herstellt, während ein anderer in einem Betrieb arbeitet, der moderne Häuser baut. Das Zusammentreffen in der Schule kompensiert also in gewisser Weise die Zufälligkeit der mit den Unternehmen geschlossenen Verträge. Wir stiessen zum Beispiel auf einige Dentalassistentinnen und -assistenten, die ausschliesslich Instrumente putzten und in der Schule von der Begegnung mit anderen Auszubildenden profitierten, die das Glück hatten, komplexere Tätigkeiten auszuüben, indem sie den Zahnärzten assistierten.
- Auch den **halbjährlichen Wechsel**, der näher am klassischen Praktikum ist, bei dem sich die Lernenden an einer Schule anmelden und ein oder zwei Semester lang Praktika in einem Unternehmen absolvieren, gibt es in der Schweizer Berufsbildung. Dieses Modell haben wir in den Vollzeitschulen oder «écoles des métiers», wie sie in der Westschweiz genannt werden, gefunden, wo das Lehrlingswesen nicht die gleiche Tradition hat wie im Osten. Über diesen historischen Grund hinaus gibt es auch praktische Gründe für dieses Modell: In manchen Berufen, z. B. im IT-Bereich, braucht ein Auszubildender eine Grundausbildung, um für ein Unternehmen auch nur annähernd interessant zu sein, während Berufsanfänger in anderen Berufen bereits nützliche Tätigkeiten verrichten können, wie etwa im Friseurhandwerk Räume und Werkzeuge zu reinigen oder als angehende Automechaniker Winterreifen zu wechseln.

Auch werden unterschiedliche Formen des Alternierens durch den Grad der (Nicht-)Integration von schulischen und betrieblichen Aktivitäten bestimmt.

- **Die Schule unterscheidet sich vom Unternehmen.** Im dualen Standardmodell sind Schule und Arbeitsplatz getrennte Einrichtungen. Lehrende an Schulen sowie Berufsbildnerinnen und Berufsbildner kennen sich in der Regel, wobei die Lehrenden in der Regel ehemalige Kolleginnen und Kollegen der Auszubildenden in den Betrieben sind. Wenn die Lehrenden beispielsweise drei Klassen mit jeweils 16 Auszubildenden betreuen, bedeutet dies, dass es bis zu 48 Berufsbildnerinnen und Berufsbildner gibt – oder weniger, wenn grosse Unternehmen mehrere Auszubildende einstellen. Die direkte Interaktion zwischen den Berufsbildnerinnen

und Berufsbildnern und den Lehrenden erfolgt zumeist über die Auszubildenden. Diese Dreiecksbeziehung ist das Herzstück des Schweizer Berufsbildungssystems, aber paradoxerweise ist sie ein viel zu wenig genutzter Kanal. Wie unsere Plattform Realto versucht hat, diesen Kanal zu nutzen, ist in Kapitel 4 beschrieben.

- **Ein «Unternehmen in der Schule»** ist eine Schule, in der Werkstätten angeboten werden, welche die Arbeitserfahrung ersetzen. Dies ist zum Beispiel der Fall bei der Ausbildung zum Bekleidungsdesigner, wo wir mehrere Versuche durchgeführt haben. Um sich der realen Arbeitserfahrung anzunähern, fertigen die Schüler tatsächlich Kleidungsstücke an, die von Kunden bestellt wurden. Zum Beispiel erzählte uns der Direktor der Technischen Fachschule Bern, Matthias Zurbuchen, dass seine Schule pro Jahr Kleidung im Wert von etwa 2 Millionen Franken produziert. Er erklärte, dass grosse Unternehmen natürlich mit asiatischen Firmen zusammenarbeiten, wenn sie 20'000 Stück bestellen müssen, aufgrund der schnelleren Lieferung aber lieber mit den Schulwerkstätten zusammenarbeiten, wenn sie nur 20 oder weniger Teile benötigen. Trotz dieser Bemühungen unterscheidet sich die Erfahrung eines Unternehmens in der Schule nach wie vor von einem echten Unternehmen mit seiner ausgeprägten Kultur, Identität und Berufsvielfalt. Wir haben unser AR-System für Gärtner bei einer ähnlichen Schule in Sitten getestet, die benachteiligte Jugendliche aus den französischsprachigen Kantonen aufnimmt. Eine informelle Beobachtung war, dass unsere konkreten Technologien für Jugendliche mit besonderen Bedürfnissen noch attraktiver sind als für die Allgemeinbevölkerung.
- **Die «Schule im Unternehmen».** Einige Unternehmen haben sich zusammengeschlossen, um Privatschulen einzurichten, die auf ihre spezifischen Ausbildungsbedürfnissen abgestimmt sind. Ein Beispiel ist Aprentas im Raum Basel. Der Nordwesten der Schweiz ist ein weltweit führender Standort für Chemie- und Pharmaunternehmen. Drei führende Unternehmen – BASF, Syngenta und Novartis – haben eine Non-Profit-Organisation gegründet, die auf 70 weitere Unternehmen erweitert wurde. Sie bilden jährlich 500 Auszubildende in 15 verschiedenen Berufen aus, darunter Laboranten und Automatisierungingenieure. Die Impfstoffproduktion braucht gute Automatisierung! Diese Organisation wurde von den kantonalen und bundesstaatlichen Behörden anerkannt. Dies zeigt, wie sehr sich das Berufsbildungssystem an die lokale Wirtschaft anpasst. Ebenso hat ein Berufsverband im Gesundheitswesen das XUND-Zentrum ins Leben gerufen. Der Verein bringt viele Akteure des Gesundheitssystems der Zentralschweiz zusammen: Spitäler, Kindertages- oder Altenheime, häusliche Pflege und medizinische Betriebe. Sie bilden 2700 Auszubildende in 17 Berufen aus, von der Pflegefachkraft bis hin zu technischen Aspekten in Gesundheitseinrichtungen. In anderen Kantonen könnten die Lernenden dieser beiden Sektoren eine öffentliche Schule besuchen. In einem liberalen Land wie der Schweiz hemmt die private Einflussnahme auf das Berufsbildungssystem dieses nicht so, wie es in einigen Nachbarländern der Fall wäre. In diesen Zentren ist der Wechsel zwischen Schule und Betrieb eine Mischung aus den beiden vorhergehenden Modellen, wobei Workshops in den Zentren stattfinden, aber auch schulische Aktivitäten in den Partnerunternehmen fortgeführt werden.

Bislang haben wir das Berufsbildungssystem in der Schweiz als ein duales System vorgestellt. Das ist nicht falsch; es ist nur eine grobe Verallgemeinerung. Neben Schulen und Betrieben gibt es im Schweizer Berufsbildungssystem einen weiteren Ausbildungsstandort, die sogenannten **überbetrieblichen Kurse (bzw. Branchenkurse)**. Dabei handelt es sich um Kurse, die von Berufsverbänden in ihren eigenen Räumlichkeiten organisiert werden, wo häufig Geräte zur Verfügung stehen, die sich Schulen oder KMU nicht leisten können. Sie stellen das fehlende Bindeglied zwischen Schule und Betrieb dar. Der zeitliche Wechsel ist hier wiederum anders organisiert: In der Regel finden die Kurse zweimal im Jahr während einer Woche statt, wobei in manchen Berufen die Zahl der Kurstage geringer sein kann oder die Tage über das gesamte Jahr gestreut sind. Die Kurse bieten vor allem praktische Aktivitäten, aber auch theoretischen Unterricht. Sie bringen Auszubildende verschiedener Schulen aus der gleichen Region zusammen. Einige Zentren bringen auch Auszubildende verschiedener Berufe zusammen, die innerhalb desselben Sektors tätig sind, z. B. Maler, Tischler und Maurer im Baugewerbe.

Vielfalt

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, besteht das Schweizer Berufsbildungssystem aus einem sehr vielfältigen Flickenteppich von Teilsystemen. Die Form der beruflichen Ausbildung variiert je nach Beruf, Kanton und Sprache. Diese Vielfalt kann als überwältigende Komplexität oder als Nebeneffekt einer effektiven Anpassung an lokale Bedürfnisse gedeutet werden, wie Apretas oder XUND zeigen. Tatsächlich ist beides richtig. Insgesamt widerspiegelt diese Vielfalt eine politische Kultur der lokalen Unabhängigkeit, welche die Anpassung von Lösungen an lokale Gegebenheiten ermöglicht. Die Schweiz ist ein wahrhaft föderales Land. Die Bundesregierung setzt sich aus sieben Ratsmitgliedern zusammen, von denen jedes Jahr eines die Präsidentschaft übernimmt – anders als in anderen föderalen Staaten wie den USA und Deutschland. Nicht weniger als sieben Kantone haben nicht einmal 100'000 Einwohner. «Lokal» bedeutet in diesem Zusammenhang wirklich lokal. Das Land hat nicht nur einen Bildungsminister, sondern 26, also einen pro Kanton. Die Schulpflicht wird vollumfänglich von den Kantonen verwaltet. Auf Bundesebene ist der Wirtschaftsminister auch für Bildung und Forschung zuständig – was jeden französischen Soziologen in den Wahnsinn triebe. Der von den Bildungsministern ernannte Staatssekretär für Bildung leitet unter anderem das Bundesamt für Berufsbildung. Dieses Amt aktualisiert alle fünf Jahre die Curricula (Ausbildungsordnungen) für jeden Beruf. Dieser Prozess erfolgt in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung (EHB) und den jeweiligen nationalen Berufsverbänden, die ihre Vorschläge nach Konsultation der regionalen oder kantonalen Verbände formulieren. Wir werden in Kapitel 9 argumentieren, dass fünf Jahre, so anspruchsvoll sie auch sein mögen, recht kurz sind im Vergleich zur Entwicklung der Branchen und wir werden zeigen, wie KI-Methoden diesen Prozess beschleunigen könnten. Für die Pflichtschulzeit wurden erst vor 10 Jahren, nach 40 Jahren kantonalen Widerstandes, koordinierte Curricula in den einzelnen Sprachregionen eingeführt. Die Festlegung von Curricula auf Bundesebene ist somit eine grosse Leistung. Auch wenn die Curricula auf überkantonaler Ebene festgelegt werden, erfolgt die Finanzierung überwiegend kantonal (die meisten Steuern sind kantonal), was eine permanente Spannungsquelle zwischen Bund und Kanton darstellt und zum Teil die bestehende Vielfalt erklärt. Die Mittel für Berufsbildungseinrichtungen, wie z. B. Lerntechnologien, können daher nicht von oben herab auf Bundesebene beschlossen werden. Bern ist nicht Paris. Jeder Kanton oder Verband wählt die Technologien für seine Lernenden aus. Diese lokale Autonomie erzeugt Komplexität und ist ein unumstösslicher Teil der politischen Kultur der Schweiz.

Diese lokale Autonomie prägt auch die Unternehmenswelt. Die Schweiz mag für einige der führenden multinationalen Konzerne bekannt sein, aber das Herzstück der Wirtschaft sind die unzähligen KMU. Die Entwicklung der Berufsbildung und der KMU gehen Hand in Hand: Wenn ein Unternehmen 20 Beschäftigte hat, kann es einen Auszubildenden einstellen, obwohl es möglicherweise keine formelle Ausbildungseinheit gibt. Nehmen wir eine Schreinerei im Kanton Waadt. Sie gehört wahrscheinlich zu dem Verband, der ähnliche Unternehmen im französischsprachigen Teil des Landes hat und mit den Kollegen im deutschsprachigen Raum interagiert. Vermutlich gehört sie auch zur Gruppe der «Holzverarbeiter», in der die Zimmerleute, Schreiner und Tischler des Kantons organisiert sind und die wiederum eine Untergruppe des kantonalen Unternehmerverbandes ist, der alle Bauunternehmen umfasst. Die Gruppe der «Holzverarbeiter» hat vermutlich Verbindungen zum «Centre Patronal» des Kantons und eventuell zur lokalen Industrie- und Handelskammer sowie zum SGV, dem Schweizerischen Gewerbeverband. Mit anderen Worten, die unternehmerische Seite der Berufsbildung ist ebenso komplex wie die Bildungswelt. Die gute Nachricht ist, dass diese Akteure im Allgemeinen an der Berufsbildung interessiert sind. Wir haben viele Vorträge an ihren kantonalen oder eidgenössischen Jahresversammlungen gehalten. In mehreren Berufen wird die Berufsdokumentation, die Auszubildende erwerben müssen, von einigen dieser Verbände entwickelt (und verkauft). Wir argumentieren seit Jahren, dass sie auch die Entwicklung digitaler Ressourcen finanzieren könnten, eine Idee, die sich mittlerweile zunehmend durchsetzt.

Identität

Die oben beschriebenen Wechsel zwischen Schul- und Betriebszeiten sind hinsichtlich der Identität, die die Auszubildenden entwickeln, nicht gleichwertig. Der Elektriker-Lehrling, der beispielsweise bei der Schweizerischen Hauptbahn SBB arbeitet und Wochenkurse absolviert, versteht sich eher als SBB-Angestellter und nicht als Lerner. Dieses Gefühl der Zugehörigkeit entsteht nicht, wenn die Schule das Leben der Auszubildenden beherrscht.

Diese Identität spielt im Berufsbildungssystem eine zentrale Rolle. Ein Zimmermann sagte uns, er hätte nichts mit Tischlern zu tun. Tatsächlich fertigen Zimmerleute Häuser, Dachkonstruktionen und Treppen, während Tischler Treppen, Fenster und Schränke bauen. Beide Berufsgruppen lassen sich nicht klar voneinander abgrenzen. Im Kanton Waadt haben sie sich tatsächlich zu einem gemeinsamen Verband zusammengeschlossen. Ihre tägliche Arbeit überschneidet sich, nicht aber ihre Identität. Schreiner bewegen sich typischerweise auf einem Dachbalken in fünf Metern Höhe. Als wir Baustellen besuchten, auf denen nur Französisch gesprochen wurde, hatten wir Schwierigkeiten, die Zimmerleute zu verstehen, da die meisten Teile einer Dachkonstruktion einen speziellen Namen haben: In Wikipedia gibt es ein Lexikon für Zimmerleute. Es beinhaltet 478 Fachbegriffe, die kein französischsprachiger Mensch versteht, der nicht vom Fach ist. Die Kenntnis des Fachjargons ist ein Aspekt der Identität. Jeder Beruf hat zudem seine eigene Kleiderordnung: Anzug und Krawatte für Auszubildende im Büro, Helm und Arbeitsanzüge für andere, weisse Kleidung für Maler und Stuckateure. Trifft man Auszubildende am Bahnhof, kann man fast erraten, welchen Beruf sie erlernen. Es scheint, als hätten diese Jugendlichen alle das Buch von Lave und Wenger (2001) über die «legitime periphere Teilhabe» gelesen.

Wir sind überzeugt, dass sich die Entwicklung einer starken beruflichen Identität positiv auf die Auszubildenden auswirkt, sowohl als Motivation für die schulische Ausbildung als auch als Möglichkeit für eine reibungslose Integration in den Betrieb. Wir folgerten, dass die von uns entwickelten Lerntechnologien einige Identitätselemente enthalten sollten. Für unsere Online-Plattformen haben wir das grafische Layout der jeweiligen Berufsorganisation übernommen. Uns war klar, dass angehende Zimmerleute Statik am besten am Beispiel von Holzkonstruktionen lernen. Kunststoffkonstruktionen sind zwar sachlich äquivalent, passen aber nicht in den beruflichen Kontext der Auszubildenden.

Lehrende und Berufsbildnerinnen bzw. Berufsbildner

Schulische und überbetriebliche Lehrkräfte sind Teilzeitkräfte oder ehemalige Fachkräfte auf dem Gebiet, das sie unterrichten. Sie kennen in der Regel die fachspezifischen lokalen Unternehmen, ihre Praktiken und die Maschinen, die sie einsetzen. Einige haben die Berufspraxis vielleicht schon lange hinter sich gelassen, sodass sich ihr praktisches Fachwissen allmählich von der aktuellen betrieblichen Praxis unterscheidet. Ein Berufsbildner für das Zimmererhandwerk erzählte uns eine Anekdote: In seiner ersten Schulstunde fragte ihn ein Auszubildender, ob er bankrott gegangen sei und deshalb nun als Lehrer arbeite. Jugendliche können grausam sein, aber die Anekdote spiegelt eine Realität wider.

Möchte ein Fachmann in X an einer Berufsfachschule X unterrichten, muss er 1800 Ausbildungsstunden absolvieren (60 ECTS-Credits). Der Ausbildungsplan für Berufsbildnerinnen und Berufsbildner ist weniger umfassend. In beiden Fällen profitieren die Auszubildenden von spezifischen Modulen, die ihnen eine Einführung in Lerntechnologien geben. Die Wirkung dieser Module bleibt jedoch begrenzt. Das gleiche Phänomen sehen wir bei der Erstausbildung von Lehrerinnen und Lehrern: Wenn die Studierenden während ihrer dreijährigen Studienzeit, die etwa 60 Kurse umfasst, zwei Kurse zu Lerntechniken und 58 Kurse zu anderen Themen absolvieren, die nicht auf Lerntechniken eingehen, ist die Botschaft eindeutig: *«Es ist gut, sie zu kennen, aber man muss sie nicht anwenden.»*

Dokumentation des Gelernten

Während der Ausbildung müssen die Auszubildenden eine Art Portfolio erstellen, das ihre wichtigsten beruflichen Leistungen zusammenfasst. Diese Dokumentation ist auch Teil der abschliessenden Bewertung. Die Praxis ist jedoch regional und berufsbezogen sehr unterschiedlich. So dokumentieren Bäcker und Köche eine bestimmte Anzahl von Rezepten, Elektriker beschreiben die Angebote und deren tatsächliche Umsetzung bei den Kunden. Alle erhalten eine Vorlage zum Ausfüllen. Die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner sorgen dafür, dass die Auszubildenden ihre Unterlagen ordnungsgemäss ausfüllen; aber nicht alle Auszubildenden übernehmen diese Aufgabe vollumfänglich. In einigen Fällen wird die Dokumentation als eine rein administrative Pflicht wahrgenommen. Sie ist jedoch ein zentrales Element im Schweizer Berufsbildungssystem, das wir in unserer digitalen Konzept integriert haben.

Export der Berufsbildung ins Ausland

Schon oft wurde versucht, das Schweizer Berufsbildungssystem in andere Länder zu exportieren. Zahlreiche ausländische Delegationen kamen, um mehr darüber zu erfahren, aber uns ist kein eindeutiger Transfererfolg bekannt. Eine Ursache hierfür haben wir bereits dargelegt: die tiefe Verwurzelung des Schweizer Berufsbildungssystem in der politischen Kultur und dem lokalen Wirtschaftsgefüge der Schweiz. Einmal sagte uns ein Zimmermann: *«Ich brauche keinen Angestellten, aber ich habe einen Lehrling genommen.»*. Wir fragten nach dem Grund, und er antwortete: *«Als Zimmermann bin ich dazu verpflichtet.»*. Dieses kollektive Verantwortungsgefühl, ein weiteres Merkmal der Schweizer Kultur, ist nicht einfach von kleinen und mittleren Unternehmen in einem Land zu erwarten, das nicht über die gleiche Tradition verfügt. Es gab Versuche, einen dualen Berufsbildungsansatz für grosse Schweizer Unternehmen mit Fabriken in China und den USA, namentlich in Colorado und Connecticut, umzusetzen. Die beiden letzten amerikanischen Botschafter in der Schweiz besuchten unser Labor an der ETH. Aber selbst wenn ein CEO überzeugt ist, müssen die übrigen Mitarbeitenden und die örtlichen Schulen auf seiner Seite sein, ganz zu schweigen von den Eltern, die nur schwer verstehen würden, was es für ihre Kinder bedeutet, eine Ausbildung zu machen.

Zwar hat sich unser Leading House auf die Schweiz konzentriert, doch haben wir unsere Tools für die Zimmererausbildung auch nach Kerala (Indien) «exportiert». Dabei handelte es sich um eine AR-Umgebung für die Schulung des dreidimensionalen Denkens – eine wichtige Voraussetzung für den Zuschnitt von Holzbalken für Dachkonstruktionen (siehe Kapitel 7). Wir mussten allerdings feststellen, dass Holz in Indien zu selten und zu kostbar ist, um daraus etwas so Grosses wie ein Dach anzufertigen. Dies verdeutlicht, wie schwierig es ist, eine Lerntechnologie kontextübergreifend zu transferieren. Wir werden eine Wirtschaftskultur nicht ändern, indem wir ein Projekt auf den Weg bringen, so ehrgeizig es auch sein mag. Wir müssen in Bezug auf das, was exportiert werden kann, bescheiden und realistisch bleiben. Dennoch hoffen wir, dass einige der von uns entwickelten Technologien auch in anderen Kontexten eingesetzt werden können, ohne dass dies einen kulturellen Wandel voraussetzt. Dann könnten unsere Technologien Fragmente der Schweizer Berufsbildungskultur quasi als «Trojanische Pferde» auf andere Berufsbildungssysteme übertragen.

Was heisst das nun?

Einmal kam der Personaldirektor einer Genfer Privatbank zu Besuch und es entspann sich mehr oder weniger der folgende Dialog zwischen Pierre und – nennen wir ihn Jean.

Jean Wir müssen Lerntechnologien nutzen, um unsere Mitarbeitenden auszubilden.

Pierre Warum?

Jean Wir müssen innovativ sein, alle Banken gehen auf digitale Ausbildung!

Pierre Haben Sie ein Problem?

Jean Nein, wir sind eine Privatbank, wir haben kein Problem.

Pierre Dann kommen Sie wieder, wenn Sie ein Problem haben. Dann suchen wir nach Lösungen.

Auf diesen Dialog folgte eine intensive Zusammenarbeit. Sollten wir uns die gleiche Frage zum Berufsbildungssystem stellen? Der beste Weg, ein Projekt zu starten, ist, mit einem Problem zu beginnen. Generell neigen die Schweizer dazu, ihr Berufsbildungssystem zu loben. Ehrlich gesagt, es hat es verdient. Aber das ist kein Grund zu ignorieren, dass es auch seine Schwächen hat. Das System ist so gut wie es ist, weil es ständig bestrebt ist, noch besser zu werden. Es gibt einige allgemeine Probleme, wie z. B. das oben beschriebene Qualifikationsdefizit, der späte Beginn einer Berufsausbildung, die Abbrecherquote (die Quote ist nicht hoch, aber in jedem Fall ist sie schmerzlich), der Anteil Auszubildender, die keine vollständige Lehre, sondern eine auf zwei Jahre verkürzte Form (das sogenannte Eidgenössische Berufsattest, EBA) absolvieren, und einige Berufsbildnerinnen und Berufsbildner, die ihre Aufgabe nicht angemessen wahrnehmen oder einfach nur böse Chefs sind (wie es sie in jedem Beruf gibt).

Das Schweizer Berufsbildungssystem ist weltweit fest in einer langen Ausbildungstradition verankert, doch in einer schnelllebigen Wirtschaft sind Traditionen manchmal kein Vorteil. Jedes Merkmal des Systems lässt sich sowohl als Gewinn als auch als Fallstrick deuten. Beispielsweise trägt die starke Einbeziehung von Berufsverbänden in die Gestaltung von Curricula dazu bei, Arbeitnehmerprofile zu erstellen, die den spezifischen Markterfordernissen entsprechen. Das Problem ist das Wort «spezifisch». Wie steht es mit der Mobilität? Müller & Schweri (2015) stellten fest, dass nur 7 % der Auszubildenden in einen anderen Beruf wechseln. Diese Mobilität dürfte in den kommenden Jahren zunehmen, da neue Arbeitsplätze entstehen und andere wegfallen. Sollte es den Floristenverband kümmern, wenn sich einige ihrer Auszubildenden später für das Bäckerhandwerk oder die Krankenpflege entscheiden? Das Schweizer Berufsbildungssystem neigt zum Silodenken. Durch einige der neu entstehenden Kompetenzen könnte sich die Mobilität erhöhen: rechnerisches Denken, Datenanalysefähigkeiten, Fertigungskompetenz. Letztere – etwa der 3D-Druck – ist inzwischen für verschiedene Berufe relevant, die mit Materialien wie Holz, Eisen, Kunststoff, Schokolade (Bäcker) oder anderen (z. B. Zahnprothesen) umgehen.

Natürlich lassen sich nicht alle Probleme mit digitalen Technologien lösen. Es braucht viele Gespräche mit allen Beteiligten, um ein «passendes» Problem zu ermitteln. Fragt man nur die Lehrenden, entsteht der Eindruck, dass junge Menschen weniger motiviert sind, von ihren digitalen Gadgets abgelenkt werden oder nicht in der Lage sind, einen einfachen Text zu schreiben. Diese alltäglichen Probleme zu überwinden, dauert etwa sechs Monate. Wir haben am Ende eine Reihe von Problemen erkannt und sind sie angegangen, darunter diese vier:

- Eine Fertigkeit, die sich Logistikassistentinnen und -assistenten aneignen müssen, ist die Optimierung der Lagerhaltung (dies ist ein Ziel der Bundesverordnung), aber sie üben diese Fertigkeit nur selten am Arbeitsplatz aus: Das Lager wird nicht oft umgestaltet, und wenn ja, entscheidet das die Lagerleitung, nicht der oder die Auszubildende. Wir haben viele Lagerhäuser besucht, in denen Auszubildende arbeiten, aber sie organisieren sie nicht um. Daher fällt es den Auszubildenden schwer, die von den Lehrenden dargelegten logistischen Prinzipien zu verstehen. Die Lehrenden fragten, ob wir etwas dagegen tun könnten. Die TinkerLamp (siehe Kapitel 6) wurde entwickelt, um diese Qualifikationslücke zu schliessen.
- Zukünftige Zimmerleute lernen etwa drei Stunden pro Woche über einen Zeitraum von drei Jahren, wie man Pläne auf Papier zeichnet. Sie erlernen routinemässig Verfahren für die Darstellung einer dreidimensionalen Konstruktion mit einer zweidimensionalen Zeichnung – etwa, indem sie die wahre Länge einer Strecke zeichnerisch durch Drehen berechnen. Sie wiederholen diesen Vorgang viele Male, nur um diese Fertigkeit zu üben. Die Lehrenden erwarten ein auf den Millimeter genaues Ergebnis. Bei vielen Zimmerleuten stellten wir fest, dass nicht die Auszubildenden die Pläne für die Dächer zeichneten, auf denen sie arbeiteten, sondern ihr Chef. Und der Chef zeichnet nicht auf Papier, er verwendet eine 3D-Software. Wir fragten die Chefs, ob die Auszubildenden in der Schule nicht mehr zeichnen sollten; sie lehnten diese Idee ab. Sie sagten, die Auszubildenden stehen vor einer dreidimensionalen Konstruktion mit einem zweidimensionalen Plan in der Hand: Sie müssen lernen, zwischen der Abbildung in 2D und der Konstruktion in 3D hin

und her zu gehen. Die TapaCarp-Umgebung (siehe Kapitel 7) wurde entwickelt, um diese Qualifikationslücke zu schliessen.

- Während der Durchführung dieses Leading House wurde eine neue Verordnung erlassen, nach der Zimmerleute nun ein intuitives Verständnis der Statik entwickeln müssen. Nach der neuen Ausbildungsordnung sollten sie in drei Stunden das lernen, was sich Ingenieure in Hunderten von Stunden aneignen. Wie lehrt man grundlegende Statik ohne Mathematik? Unser Bauingenieur sagte, das sei nicht möglich. Die von uns entwickelte StaticAR-Umgebung (ebenfalls in Kapitel 7) soll diese Qualifikationslücke schliessen.
- In unseren Gesprächen mit den Berufsverbänden der Bäcker und der Köche wurde deutlich, dass bei den Mitgliedern Verwirrung herrscht über all die Dokumente, die während der Ausbildung erstellt werden müssen: die klassische Rezeptsammlung, die neu eingeführte Lern- und Leistungsdokumentation (LD) und die regelmässigen Arbeitsberichte. Wir haben uns darauf geeinigt, diese Dokumente in ein einziges Dokument mit mehreren Seiten, die sich auf einzelne Rezepte oder Techniken beziehen, zusammenzuführen. Auf Zustimmung stiess auch die Möglichkeit, die Rezeptbücher mithilfe der neuen Technologien attraktiver zu gestalten, etwa indem man mehrere Bilder ganz einfach in die Texte einfügt und nicht mehr wie bisher an handschriftliche Dokumente heftet. Diese Möglichkeiten sind in Learn-Doc, e-DAP und Realto (siehe Kapitel 3 bis 5) integriert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Schweizer Berufsbildungssystem solide verwurzelt ist, aber auch ausreichend Potenzial (in Form von Problemen) birgt, um kreative Forschende und Start-ups im Bereich der Bildungstechnologien zu neuen Lösungen zu inspirieren.

Kapitel 2

Lerntechnologien als leistungsfähige Möglichkeit, aus dem Wechsel eine Chance zu machen, theoretisches Wissen in die Praxis zu integrieren: Das Erfahrungsraum-Modell

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner

Im dualen Berufsbildungsmodell wechseln die Auszubildenden während ihrer gesamten Ausbildung regelmässig zwischen Betrieb und Berufsfachschule ab. Meist sehen sie, was sie hier und dort erleben, als getrennt, eine Wahrnehmung, die manchmal richtig ist. Im ersten Lehrjahr trafen wir Kfz-Mechanikerinnen und Kfz-Mechaniker, die vor allem mit ganz konkreten Tätigkeiten wie dem Reifenwechsel in der Werkstatt oder mit Physikproblemen in der Schule beschäftigt waren. Kochlehrlinge wurden herausgefordert, so schnell wie möglich 400 Mahlzeiten auf einmal pro Tag in einem Krankenhaus zuzubereiten, wo man nicht wusste, was Eiweissalbumin ist und welche seiner Eigenschaften für das Kochen relevant sind. Gärtner, die ihre Rasenmäher sorgfältig fahren, fühlten sich verpflichtet, die Eigenschaften von Hunderten von Pflanzen auswendig zu lernen. Logistikerinnen und Logistiker, die den ganzen Tag Kisten im Lager umstellen, waren bemüht, abstrakte Konzepte in der Schule zu verstehen, wie etwa die Optimierung des Warenflusses. Wir könnten weiterhin Beispiele für jeden der Berufe geben, mit denen wir gearbeitet haben. Die Schlussfolgerung ist immer die gleiche: Die dualen Berufsbildungsgänge weisen grosse Diskrepanzen zwischen Schule und Betrieb auf. Forschende sprechen hier oft von einem Konnektivitätsproblem. Dafür wurden bereits spezifische pädagogische Ansätze entwickelt und erprobt, wie z. B. das integrative pädagogische Modell von Tynjälä et al. (2021) oder das Konnektivmodell von Guile und Griffiths (2001). Wer sich einen aktuellen Überblick über diese Modelle verschaffen möchte, kann einige neuere Bücher zu diesem Thema hinzuziehen (Kyndt et al., 2021; Aprea et al., 2020). Diese Diskrepanzen sind nicht nur konstitutiv für das duale Berufsbildungssystem, sie sind auch wesentliche Determinanten seiner Qualität und seines Wertes. Deshalb wollen wir sie nicht auf null reduzieren. Dies würde das Wesen des Systems selbst verzerren. Aber wir möchten sie funktionaler gestalten und einen guten Weg finden, sie zu nutzen. Dasselbe gilt schliesslich auch für den Grenzübergang zwischen zwei Ländern: Auf den ersten Blick mögen die Unterschiede etwas beunruhigend erscheinen, aber wenn man sich erst einmal daran gewöhnt hat, hat die Situation, wie alle Grenzgänger wissen, einige Vorteile.

Unsere Haupt- und Leitfrage für unser Forschungsprogramm hat sich aus dieser Diskrepanz heraus entwickelt. Es entwickelte sich von der Frage «Gibt es eine *spezifische Möglichkeit*, Lerntechnologien in der Berufsbildung einzusetzen?» zu etwas wie «Können Technologien einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Kluft zwischen dem Lernen in der Schule und dem Lernen am Arbeitsplatz zu *überbrücken* und die Situation so zu gestalten, dass sie für das Lernen gewinnbringend ist?».

Implizit ist unsere Hypothese, dass *Technologien optimal als Brücke für die o. g. Kluft genutzt werden können und diese lernrelevant machen, indem sie die Integration von Wissen aus unterschiedlichen Lernorten ermöglichen*. Mit anderen Worten: Technologien können zu «Grenzobjekten» werden und Grenzüberschreitungen über Lernorte hinweg ermöglichen (Akkerman und Bakker, 2011; Bakker und Akkerman, 2019). Wenn wir von Grenzüberschreitungen sprechen, meinen wir keine physischen, sondern soziale und kulturelle Grenzen, die zumindest anfangs als Diskontinuitäten wahrgenommen werden, aber gerade unter dem Aspekt der standortübergreifenden Vernetzung von Erfahrungen der Auszubildenden ein wichtiges Entwicklungspotenzial darstellen können. Grenzüberschreitung ist also das Bestreben, Kontinuität in der Aktion oder Interaktion zwischen verschiedenen Praktiken zu entwickeln, herzustellen oder wiederherzustellen, die von derselben Person in unterschiedlichen Kontexten erfahren werden (Bakker und Akkerman, 2019). Mit anderen Worten: Das wiederholte Überschreiten von Grenzen, virtuell und physisch, könnte für die Aus-

zubildenden ein wirksames Mittel sein, um die Verbindung zwischen dem, was sie in der Schule lernen, und dem, was sie im Berufsleben erleben, besser wahrzunehmen.

Diese Diskrepanz zwischen dem, was in der Schule stattfindet, und dem, was am Arbeitsplatz erlebt wird, kann je nach Beruf, Lernthema und Art der eingesetzten Lerntechnologie unterschiedliche Formen annehmen. Die folgenden sechs Kapitel veranschaulichen diese Vielfalt und die unterschiedlichen Lösungen, die wir in neun verschiedenen Berufen mit sehr unterschiedlichen Berufsfeldern und Horizonten gewählt haben. Alle Situationen, die wir erkundet haben, können teilweise oder vollständig auf ein und dasselbe Modell bezogen werden, das wir «Erfahrraum» nennen – eine Neologisierung, die aus zwei aufeinander stossenden deutschen Wörtern resultiert: *Erfahrung* und *Raum*. Der Erfahrraum basiert schlicht und einfach auf einer Idee, die schon seit Jahrzehnten in den Lernwissenschaften genutzt wird: Reflexion ist eine wesentliche, aber keine hinreichende Bedingung.

Das Erfahrraum-Modell

Vom ersten Tag an machen Auszubildende verschiedene Erfahrungen in ihrem Beruf. Einige von ihnen sind bedeutungsvoller als andere, aber alle sind wertvoll, komplex und authentisch! Wir Pädagogen predigen oft, dass Kompetenz nur «*in situ*» erreicht werden kann, dass sie nur in der jeweiligen Situation ausgeübt werden kann und reift. Wie könnte die Entwicklung der Kompetenzen von Auszubildenden besser gefördert werden als durch wiederholte Erfahrungen? Ausgehend von dieser einfachen Erkenntnis haben wir unser Modell entwickelt. In unseren Projektbesprechungen haben wir es mehrfach überdacht und sukzessive in einer kontinuierlichen und generativen, wechselseitigen Dialektik zwischen theoretischer Reflexion und praktischer Erprobung neu diskutiert und verfeinert. Wir haben es schliesslich veröffentlicht (Schwendimann et al., 2015). Aber man kann sich den Erfahrraum, vereinfacht ausgedrückt, auch als ein Vier-Stufen-Modell vorstellen, wie die vier Quadranten in Abbildung 2-1 verdeutlichen.

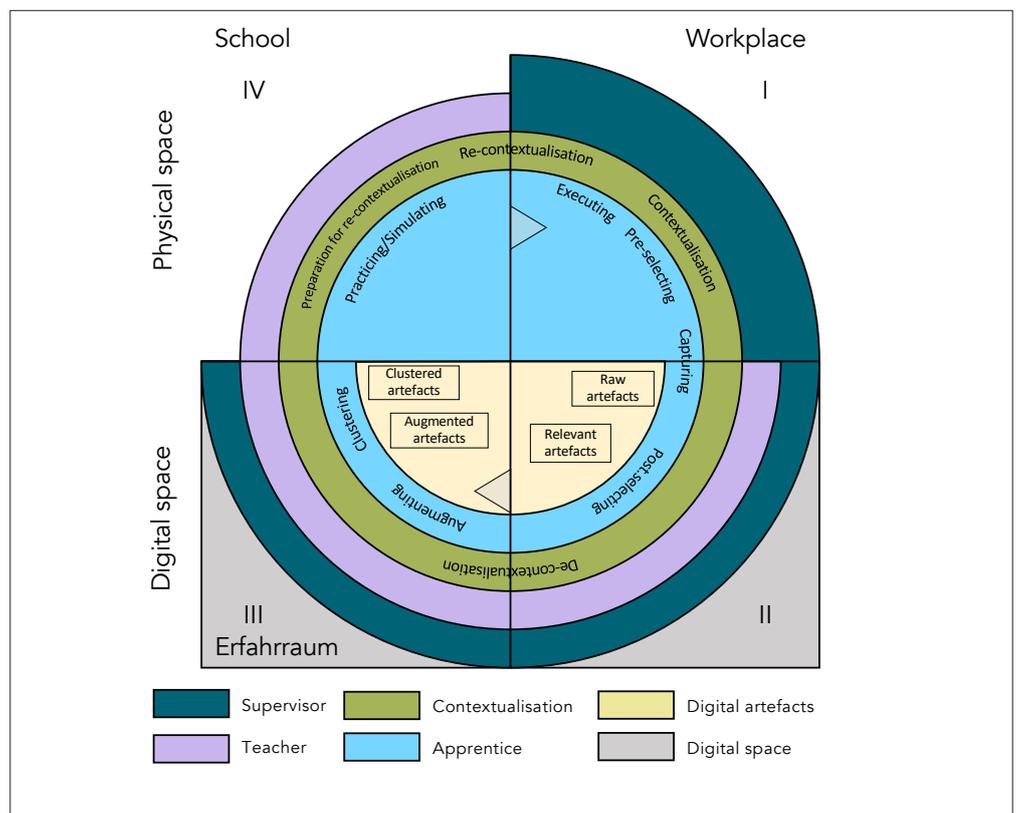


Abbildung 2-1 · Das Erfahrraum-Modell

Wir beschreiben es einfach wie folgt:

1. **Erfassen und sammeln.** Der erste Schritt besteht in der Regel darin, dass die Auszubildenden ihre Berufserfahrung durchleben und bestimmte Verfahren durchführen. Wir haben gesagt, dass ein wesentlicher Bestandteil unseres Modells die Reflexion ist, aber am Arbeitsplatz bleibt normalerweise keine Zeit zum Nachdenken. Man muss produktiv und schnell sein, Fehler und Verschwendung vermeiden. Daher kann es nützlich sein, Wege und Formen zu finden, um einige «Aufzeichnungen der Erfahrung» zu erfassen. Dabei können Technologien – insbesondere mobile Geräte – helfen. Dank digitaler Tools lassen sich Erlebnisse dann und dort aufzeichnen, wo und wenn sie stattfinden. Denken Sie daran, Ihren Auszubildenden die Möglichkeit zu geben, am Arbeitsplatz mit einem Smartphone zu fotografieren oder ein Verfahren, eine Vorgehensweise mit einer Action-Kamera zu filmen. Die Aufzeichnungen werden dann in Form von Fotografien, Kurzvideos, Audioaufnahmen, Notizen bzw. schriftlichen Beschreibungen oder Skizzen erfasst, um die Erfahrungen der Auszubildenden zu externalisieren und digitale Artefakte zu erzeugen, die *im Nachhinein* überdacht werden können.

Im Rahmen der ersten Phase sollten einige Überlegungen in Bezug auf die «Aufzeichnungen» erwähnt werden:

- a. Diese bilden eine Art *Anker*, eine konkrete Verbindung zur gelebten Erfahrung. Sie sind daher nützliche Erinnerungen, um wieder in Kontakt mit der Erfahrung zu kommen und sich zum Nachdenken anregen zu lassen. Wie schon gesagt, ist es schwierig, über die eigene berufliche Praxis nachzudenken. Wird die erlebte Situation durch Bilder dokumentiert, sind diese ein guter Ausgangspunkt, um die Reflexion in Gang zu setzen.
 - b. Gleichzeitig *belegen* die Aufzeichnungen das Geschehene. Sie zu sammeln bedeutet zu dokumentieren, was getan und gelernt wurde. Das hat mindestens einen zweifachen Wert: Zum einen zeigt es die Vielfalt der Verfahren, die man im Verlauf der gesamten Ausbildung kennengelernt hat, in Form einer Mappe, welche die geleistete Arbeit dokumentiert. Ich kann in diese Mappe auch nur meine «Meisterwerke» aufnehmen, anstatt über die gesamte Bandbreite der Tätigkeiten zu berichten, die ich während der Ausbildung ausgeübt habe. Zum anderen werden so die Fortschritte bei der Kompetenzentwicklung aufgezeigt. Durch die Dokumentation ähnlicher Praktiken im Laufe der Zeit können Sie erkennen, wie sich Ihre Kompetenz im Laufe der Jahre entwickelt hat. Wenn ich zum Beispiel als Bäckerlehrling meine ersten Croissants zu lange gebacken, vielleicht sogar fast verbrannt habe, kann ich beim zweiten Mal (sowohl mir selbst als auch meinem Berufsbildner oder meiner Berufsbildnerin) zeigen, dass ich Temperatur und Backzeit besser beherrscht habe.
 - c. Aus pädagogischer Sicht ist schliesslich zu bedenken, dass das Bewahren dieser Aufzeichnungen kein spontaner Prozess ist. Vor allem zu Beginn braucht es Anleitung und ein Gerüst, und die Lernenden müssen dazu motiviert werden. Die Lernenden müssen auch die *Auswahlprozesse steuern*. Wie bereits gesagt, sind nicht alle Erfahrungen notwendigerweise zu dokumentieren. Die Auszubildenden müssen lernen, was sie dokumentieren sollten und was nicht, was sinnvoll für das Lernen sein kann und was weggelassen werden darf.
2. **Vorbereiten.** Wie gerade erwähnt, sind nicht alle Erfahrungen sinnvoll für das Lernen, nur weil sie festgehalten werden können. Damit daraus Lernmaterial wird, müssen die Auszubildenden sowohl das Auswählen als auch das *Strukturieren* einüben. Eine Struktur kann von den Lehrenden oder direkt von der digitalen Lernumgebung bereitgestellt werden, in der die Aufzeichnungen gesammelt werden, wie wir in den folgenden Kapiteln sehen werden. Auch Berufsbildnerinnen und Berufsbildner können helfen, indem sie ihren Auszubildenden die Möglichkeit bieten, solche sinnvollen Erfahrungen zu machen und Abläufe genau zu beobachten. Sie haben aber oft keine Zeit, dies im Unternehmen selbst ausführlich zu besprechen. Die Arbeit muss weitergehen. Stellen Sie sich vor, etwas ist kaputt oder verbrannt. Sie müssen dann von vorne anfangen, möglicherweise unter strengerer Kontrolle, anstatt innezuhalten und zu lange darüber nachzudenken, was genau schief gelaufen ist. Vielleicht müssen Sie sogar etwas anderes

tun, während Ihr Berufsbildner oder ihre Berufsbildnerin alles noch einmal korrekt ausführt!

- 3. Nutzen.** In der Schule hingegen kann die Zeit flexibler eingeteilt werden, und Fehler werden weniger kritisch gesehen. Wenn Sie Aufzeichnungen über das, was im Unternehmen schief gelaufen ist, haben und diese in der Schule abrufen können, haben Sie vielleicht die Möglichkeit, sie dort ausführlicher zu besprechen. In Schöns Terminologie wird diese Möglichkeit «Reflexion über das Handeln» genannt (Schön, 1987). Aber wie stellen wir uns diesen Prozess praktisch im Berufsbildungsunterricht in der Schule vor? Wir können uns sicherlich nicht vorstellen, dass Scharen von Auszubildenden stundenlang abstrakt über das Erlebte in ihrem Betrieb spekulieren oder immer wieder auf Videoaufnahmen ihrer eigenen Praxis am Arbeitsplatz zurückgreifen. Nein, wir meinen viel einfachere, aber dennoch sehr effektive Aktivitäten. Sehen wir uns einige Beispiele an. Überlegen Sie, wie viele Dinge um uns herum geschehen, deren wir uns nicht bewusst sind. Das ist normal, denn wir schenken unsere Aufmerksamkeit in erster Linie den Informationen, die uns in einem bestimmten Moment besonders relevant und zweckdienlich erscheinen. Zur Perfektionierung unserer beruflichen Fertigkeiten ist es aber möglicherweise wichtig, auch einige der Informationen, die wir in der Praxis übersehen haben, aufzugreifen. Dies haben wir beispielsweise mit Auszubildenden für OP-Raumtechnik erprobt. Wir gaben ihnen die Möglichkeit, Videoaufzeichnungen von ihrer Arbeit im OP anzusehen, sie per Video-Annotation zu kommentieren und zur Vorbereitung und Strukturierung der Nachbesprechungen mit ihren Mentoren zu verwenden. Beide Beteiligten räumten ein, dass ohne das Video viele Details in der Nachbesprechung nie thematisiert worden wären (Cattaneo et al., 2020). Ähnlich verhält es sich auch mit kommentierten Bildern, die eingesetzt werden, um Auszubildende bei der Entwicklung ihrer visuellen Fähigkeiten zu unterstützen. In unserem Fall waren dies Kosmetikerinnen, die Kenntnisse über Hautanomalien erwerben sollten (Coppi & Cattaneo, 2021; Coppi et al., 2021). Es gibt jedoch Situationen, in denen es einfach nicht möglich ist, die eigene Praxis zu filmen. Man kann, um Erfahrungen zu rekonstruieren, aber in jedem Fall auf mündliche oder schriftliche Beschreibungen zurückgreifen. Durch Auswerten der Beschreibung lassen sich weitere Details erfassen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen. Wir haben dies mit einigen Klassen von kaufmännischen Angestellten durchgeführt, indem wir die Auszubildenden bitten, sich paarweise zu vergleichen. Um ihnen die Aufgabe zu erleichtern, haben wir ihnen einige Leitfragen an die Hand gegeben (Boldrini & Cattaneo, 2014). Dieser Praxisvergleich könnte auch auf andere Weise erfolgen: etwa in kleinen Arbeitsgruppen, aber eher nicht im Plenum. Kochlehrlinge können beispielsweise in einem Ein-Sterne-Restaurant arbeiten oder in einem grossen Speisesaal oder in einer Cafeteria. Sie erlernen zwar die gleichen Kochverfahren, aber mit unterschiedlichen Werkzeugen, in unterschiedlicher Arbeitsteilung und nach unterschiedlichen Regeln. Der Vergleich, wie ein ähnliches Verfahren in unterschiedlichen beruflichen Kontexten durchgeführt wird, ist sehr hilfreich für die Entwicklung einer fachlichen Kompetenz. Der gleiche positive Effekt kann auftreten, wenn man routinemässige Erfahrungen zusammen mit selteneren Erfahrungen oder Fehlersituationen unter Einsatz paradigmatischer Referenzmodelle analysiert (Cattaneo und Boldrini, 2016; Cattaneo und Boldrini, 2017; Wuttke und Seifried, 2012). Diese *gegensätzlichen* Aktivitäten (Schwartz und Bransford, 1998) ermöglichen den Vergleich verschiedener Fälle (Erfahrungen) anhand von Ähnlichkeiten oder Unterschieden, die dann nach spezifischen Kategorien gruppiert werden können. Fachleute können dann anhand dieser Kategorien die den scheinbar unterschiedlichen Situationen gemeinsamen Muster erkennen (Bransford et al., 2000) und den Kern beruflicher Kompetenz bilden. Darüber hinaus unterstützen diese Prozesse der *Anreicherung, des Vergleichs und der Kategorisierung* die Konstruktion von dekontextualisiertem (Guile und Griffiths, 2001; Griffiths und Guile, 2003) und verallgemeinerbarem Wissen. Dass wir von Reflexion «auf Aktion» sprechen, deutet auch darauf hin, dass das Objekt unserer Aufmerksamkeit eine bereits gelebte Erfahrung ist, die gegenwärtig nicht stattfindet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Bildungsaktivitäten in dieser dritten Phase darauf abzielen, aus der Reflexion der in den vorangegangenen Phasen

gewonnenen Berufserfahrungen Lernerfahrungen zu generieren, unabhängig davon, ob diese Erfahrungen von allen oder nur von einem Mitglied der Lerngemeinschaft selbst gemacht wurden und ob sie authentisch sind oder simuliert wurden. Diese Aktivitäten können durch die Nutzung einiger typischer Verfahren wie Anreicherung, Vergleich und Kontrast entwickelt werden. Rohe Artefakte werden durch Hinzufügen sukzessiver Informationsschichten «ergänzt», z. B. durch die Konzentration auf relevante Informationen, durch die Integration von Kommentaren und Analysen von Community-Mitgliedern oder durch Hinzufügen von theoretischem Wissen zu praktischen Erfahrungen als Ergebnis einer vom Lehrenden geleiteten Diskussion.

4. **Validieren.** Die vierte Phase bereitet die Rekontextualisierung (Guile, 2020) des Wissens in der beruflichen Tätigkeit vor. Dazu gehört auch die Organisation von Möglichkeiten zur Anwendung des Erlernten durch praktische Übungen und Aktivitätssimulationen. Solche Übungen ermöglichen es ausserdem, die Verbindung zu den im schulischen Kontext behandelten fachlichen und theoretischen Kenntnissen deutlicher herauszustellen. Darüber hinaus können in diesem Stadium Faktoren wie Qualität, Schnelligkeit oder Zufriedenheit der Beteiligten darauf hindeuten, ob die vier Phasen des Modells erfolgreich durchlaufen wurden. Im Idealfall endet diese letzte Phase also nicht im schulischen Kontext, sondern mit einer Rückkehr in den beruflichen Kontext, in dem es dem Auszubildenden möglich sein muss, durch eine neue Berufserfahrung das zu *validieren*, was er durch Reflexion in der bisherigen Berufserfahrung erworben hat. So findet der gesamte Zyklus seine Vollendung und seinen Sinn, auch in den Augen des Lernenden.

Was heisst das nun?

Der wöchentliche Wechsel zwischen Betrieb und Schule ist ein Markenzeichen des dualen Berufsbildungsmodells. Er ist seine Stärke, aber auch eine der grössten Herausforderungen. Offensichtlich sehen die Auszubildenden nur selten die Zusammenhänge zwischen dem, was ihnen hier und dort präsentiert wird, und neigen dazu, die Situation als zwei parallele Wege und nicht als homogenen Ausbildungsweg zu betrachten. Für die überwiegende Mehrheit der Auszubildenden ist die Arbeitsbelastung zwar hoch, aber durch den Beruf gerechtfertigt, während die schulischen Tätigkeiten weniger motivierend sind. In diesem Buch wollen wir zeigen, dass moderne Lerntechnologien viele praktikable Lösungen bieten, um diesen Eindruck zu lindern, indem sie die Lücke zwischen den beiden Bahnen schliessen, indem sie Querstrassen oder Brücken öffnen, die diese Bahnen miteinander verbinden. Das hängt natürlich nicht nur von der Technik ab, sondern erfordert eine intelligente Nutzung dieser Techniken durch Lehrende und Auszubildende sowie produktive Lernszenarien, wie sie in den folgenden Kapiteln beschrieben werden.

Kapitel 3

Wichtige Erfahrungen sammeln und speichern: In Zusammenarbeit mit Bäckern und Köchen

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Elisa Motta, Laetitia Mauroux

Alle schulischen Leistungen werden von den Lehrkräften bewertet; die Leistungen der Lernenden im Ausbildungsbetrieb werden jedes Semester mit den Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern anhand der tatsächlichen Leistung und des Arbeitsverhaltens der Lernenden sowie der Qualität ihrer «Lern- und Leistungsdokumentation» besprochen. Die Lern- und Leistungsdokumentation ist eine Pflichtarbeit, die der Lernende während der gesamten Ausbildung zu erarbeiten hat und in der er die für den Betrieb erarbeiteten wichtigen Leistungen sowie die bisher erworbenen Kompetenzen und Erfahrungen beschreibt und dokumentiert (vgl. § 7 der Berufsordnung). Zu Beginn unseres Projekts wurde diese Lern- und Leistungsdokumentation in der Regel von Hand erstellt und in Form von Kurztexten auf eigenständigen Papierblättern präsentiert. Fachleute und Auszubildende waren sich einig: Das war eher ein Ansporn, die Rechtschreibkompetenz der Lernenden zu beurteilen, als eine Grundlage für eine wirkliche Diskussion ihrer laufenden Kompetenz.

In den drei Berufen, mit denen wir in engem Kontakt standen – Bäcker, Konditoren und Chocolatiers, Köche und Bekleidungsdesigner – stand die geforderte Lern- und Leistungsdokumentation sogar im Konflikt mit den bis dahin üblichen schriftlichen Ausarbeitungen, die Auszubildende traditionell als Gedächtnisstütze anfertigen sollten: den Rezeptsammlungen oder Produktionskatalogen. Die handschriftlichen Dokumente hatten wirklich nichts mit den schönen und sehr attraktiven Koch- und Backbüchern zu tun, die man so oft im Buchhandel findet. Daher waren Auszubildende nicht eben stolz auf ihre eigenen Dokumentationen oder Rezeptsammlungen. Nach Gesprächen mit den Fachleuten und deren Berufsverbänden wurde deutlich, dass diese Dokumentationen durch den Einsatz von Textverarbeitungsprogrammen und in die Texte eingefügte Fotos (vor Ort aufgenommen oder aus dem Internet heruntergeladen) wesentlich überzeugender und attraktiver gestaltet werden können (Abbildung 3-1).



Abbildung 3-1 • Lernende sammeln am Arbeitsplatz Bilder, um sie in ihre Lern- und Leistungsdokumentation und Rezeptsammlungen einzufügen.

Wir beschlossen auch, geeignete und systematische Vorlagen für die Rezeptsammlung und die Lern- und Leistungsdokumentation zu verwenden, da wir davon überzeugt waren, dass das Ausfüllen dieser Dokumente bequemer ist, als (wie bisher) von vorne anfangen zu müssen (Abbildung 3-2). Schliesslich waren wir uns auch schnell einig, dass Lern- und Leistungsdokumentationen sowie Rezeptsammlungen mithilfe moderner Technologien einfacher zu einzigartigen elektronischen Dokumentationen zusammengefasst werden können. Diese zeigen beispielsweise auf der Vorderseite das Zielrezept und auf der Rückseite den aktuellen Stand der Beherrschung und die Schwierigkeiten des oder der Auszubildenden – mit der Möglichkeit, die eine oder andere Seite zu verbergen oder anzuzeigen, je nachdem, wer auf die Seiten zugreifen kann.

Richemont Neues Rezept

Zimmerli Junior Markus

Neue Rezepte erfassen

*Rezeptname *Klassifikation

Betrieb Datum

11.09.2011

*Gruppe Semester

1

Gewicht		Zutaten		CCP
Gramm	Stück	Half-Fabrikate	Hinweise / GHP	Position
<input type="text"/>				

Rezeptmenge 1 (in Gramm) Verlust (in %) Zwischengewicht (in Gramm)

Stückgewicht (in Gramm) Stückzahl Nettorezeptmenge (in Gramm)

Back-/Kochtemperatur (°C) Backzeit (Minuten) Zug

Richemont Richemont Kompetenzzentrum
Bäckerei Konditorei Confiserie

Lerndokumentation

Lerndokumentation der lernenden Person

Ich erfülle die Anforderungen.

Ich übe noch.
Das Flächten bin ich noch am Üben. Mein Berufsbildner zeigte es mir aber gut vor und ich kann es bereits recht gut. Nur mit dem Tempo hapert es noch ein bisschen.

Um mich zu verbessern, werde ich ...
Mit Übungsteig aus dem Kühlschrank die verschiedenen Flächarten üben. Der Chef hat mir ein Bier versprochen, wenn ich schneller bin als er.

Bemerkungen des Berufsbildners / der Berufsbildnerin

Abbildung 3-2 • Vorlagen für das Rezept (oben) und für die Lern- und Leistungsdokumentation (unten) wie mit dem Berufsverband der Bäcker, Konditoren und Chocolatiers besprochen

Der Koch

Nicola Piatti arbeitet seit vielen Jahren als Profi-Koch in grossen Restaurants. Gleichzeitig unterrichtet er – auf Bitten des Kantons – Kochlehrlinge an der Berufsfachschule Trevano. Wir trafen ihn das erste Mal 2009, zu Beginn unseres Projekts. Ende August 2021 trafen wir uns im selben Klassenzimmer wie damals mit Christian Giannetti – ebenfalls ehemaliger Küchenchef und Berufsbildner, der uns inzwischen als hauptberuflicher Lehrer unterstützt – und mit rund zwanzig Lehrenden, um das anzuwenden, was wir in den vergangenen zehn Jahren entwickelt haben. Auf den folgenden Seiten möchten wir Ihnen einen Abriss dieser Zusammenarbeit geben.

In den ersten Gesprächen mit Nicola ergaben sich viele mögliche Themen, die Schnittstellen zu unseren jeweiligen Interessen aufwiesen. Die beiden Hauptthemen, die sich herauskristallisierten, waren eine bessere Vernetzung von Arbeitsplatz und Schule sowie die Suche nach geeigneten Methoden, um die am Arbeitsplatz gemachten Erfahrungen zu sammeln und auszuwerten. Wir stiessen dabei auf ein konkretes Thema, das diese beiden Themen miteinander verbindet: die Neugestaltung der Rezeptsammlung und deren Verknüpfung mit der im Ausbildungsplan der Lernenden vorgegebenen Lern- und Leistungsdokumentation.

Wie bereits erwähnt, fiel uns dieser letzte Punkt sofort ins Auge und wir begannen, ihn parallel zu vertiefen: Das Team in Lugano arbeitete mit Köchen, ausgehend von der Schule, während das Team in Freiburg weiterhin mit den Bäckern zusammenarbeitete und sich vor allem auf die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner konzen-

trierte. Im Tessin nannten wir das Projekt e-DAP (*documentazione dell'apprendimento e delle prestazioni elettronica; elektronische Lern- und Leistungsdokumentation*). Jeder Eintrag bestand aus einem Rezept, das sich wiederum in zwei Teile gliederte, wie ein doppelseitiges Papierblatt. Auf der «Vorderseite» konnten die Auszubildenden allgemeine Informationen über die Vorgehensweise notieren – von der Zutatenliste bis zur Beschreibung der wichtigsten Zubereitungsschritte. Wie in vielen Online-Rezeptsammlungen konnten sie jedes Rezept mit so vielen Bildern ausstatten, wie sie wollten (siehe Abbildung 3-3). Als Hilfestellung für diese «Sammelphase» des Erfahrungsraums kauften wir 24 gebrauchte iPhones, je eines für die Lernenden in einer von Nicolas Klassen. Mithilfe einer vorinstallierten App konnten die Auszubildenden die Fotos vom iPhone in die e-DAP laden und den jeweiligen Rezepten korrekt zuordnen.



Abbildung 3-3 Beispiele für das an einem Arbeitsplatz von Kochlehrlingen aufgenommene Material Jede Zeile passt zu einer Reihe von Bildern, die die wichtigsten Schritte des zugehörigen Kochvorgangs beschreiben.

Auf der «Rückseite» unseres imaginären Blattes – wie oben für die Bäcker, Konditoren und Chocolatiers beschrieben – standen verschiedene metakognitive Aufforderungen (siehe Einzelheiten in Maurox et al., 2013, 2014), die den Auszubildenden halfen, unter anderem zu erkennen, inwieweit sie die Rezepte bereits umsetzen konnten, wo sie Fortschritte gemacht hatten und was ihnen misslungen war. Anhand dieser Aufzeichnungen konnten wir auch den «Nutzen» des Erfahrungsraums untersuchen. Die Auszubildenden konnten zudem ihre Leistungen selbst beurteilen und ihre Berufsbildner bzw. Berufsbildnerinnen nach rezeptspezifischem Feedback (auch mit Bewertung) fragen sowie sich anhand einer Übersichtstabelle, die zu jedem Rezept paarige Bewertungen enthält, einen Überblick über ihre Fortschritte in Bezug auf die Kompetenzentwicklung verschaffen (siehe Abbildung 3-4).

The screenshot displays the e-DAP platform interface, divided into three main sections:

- Le mie ricette (My recipes):** A grid of various potato-based recipes such as 'Gnocchi di patate', 'Patate bianche', 'Patate fritte', 'Patate Duchesse', 'Patate Gaufrettes', 'Patate Croquette', 'Patate Dauphine', 'Gnocchi di castagne', and 'Gnocchi di patate viola'.
- Sottafesa di vitello glassata (Crispy veal cutlet):** A detailed recipe page featuring a photo of the finished dish, a video player, and text instructions. The ingredients list includes: carne di manzo vitello (1 kg), vino bianco (0.5 l), ossa e grasso (0.150 kg), brodo verdure (0.3 l), mincejoli porri a pece (0.100 kg), and datteri glace (0.2 l). The preparation steps are numbered 1 through 4, covering mincejoli preparation, veal preparation, breading, and cooking.
- Réflexion personnelle (Personal reflection):** A form for documenting learning and progress. It includes sections for 'Maitrise' (Mastery), 'Balance de l'apprentissage' (Learning balance), 'Amélioration' (Improvement), and 'Observations / Points critiques' (Observations / Critical points). The 'Observations' section contains a table with columns for 'Observations / Points critiques' and 'Points critiques', and a row for 'Evaluation globale' showing a score of 4.50.

Abbildung 3-4 • Das e-DAP-Umfeld für Kochlehrlinge zur Erfassung ihrer Lern- und Leistungsdokumentation in Form eines Kochbuches. Die Lehrkräfte in der Berufsfachschule und die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner hatten Zugang zur gleichen Umgebung, wenn auch mit unterschiedlichen Privilegien. Die Einstiegsseite (links) zeigt die entwickelten Rezepte. Jedes Rezept (Mitte) enthält die notwendigen Angaben, die auf den Fotos der Auszubildenden zu sehen sind. Und alle werden durch ein Reflexionsblatt (rechts) ergänzt. Dies dient als Basis für die Eigenbeurteilung und die Bewertung durch die Berufsbildner. Auch fördern die Aufzeichnungen (Bilder) auf dieser Seite die Verbindung zur Praxis.

Auch die Berufsbildnerinnen und -bildner im Ausbildungsbetrieb erhielten einen e-DAP-Account, um dort die Fortschritte ihrer Auszubildenden überprüfen und bewerten sowie den Lernenden ihr Feedback geben zu können.

Dann informierten wir die Berufsbildner in den Betrieben mit einem offiziellen Brief über das Projekt und seine Ziele. Elisa Motta, die als Doktorandin an diesem Projekt mitarbeitete, fuhr schliesslich mit Nicola Piatti durch den Kanton, um den betrieblichen Auszubildenden die Smartphones für ihre Auszubildenden persönlich zu übergeben. Sie zeigten ihnen, wie man die Telefone benutzt und wie man auf die e-DAP zugreifen kann.

In der Zwischenzeit hatte sich Nicola auch für die Lehrerausbildung eingeschrieben. So entstand die Idee, die e-DAP auch in der Schule zu nutzen, um spezifische betriebliche Situationen im Unterricht zu thematisieren. Die visuellen Aufzeichnungen über die Erfahrungen der Auszubildenden am Arbeitsplatz fanden somit Eingang in die Schule – eine Entwicklung, die für die Plattformen der Bäcker, Konditoren und Chocolatiers nicht vorgesehen war.

Schliesslich war alles für das Monitoring vorbereitet.

Mitgestaltung von Lernszenarien

Wir diskutierten mit Nicola Piatti weiter über verschiedene Themen, aber zu diesem Zeitpunkt ging es nicht mehr um die Qualifikationslücke, sondern darum, wie die in der e-DAP vorhandenen Materialien für die Unterrichtsplanung genutzt werden könnten. Daraufhin begannen wir mit der Entwicklung verschiedener Lernszenarien (bei denen Auszubildende individuell, in Kleingruppen oder im Plenum einbezogen werden konnten), die alle auf dem Einsatz dieses Tools und der Umsetzung des Erfahrungsraums basierten. Beispielsweise (für weitere Lernaktivitäten siehe Hämäläinen & Cattaneo, 2015, und Motta et al., 2017) lud der Lehrende einige Wochen vor der Behandlung des Themas im Klassenzimmer – die Tessiner Köche besuchen die Schule an zwei Tagen alle zwei Wochen – die Lernenden ein, eine bestimmte Kochmethode (mit beliebigem Rezept) zu üben und diese in ihrer Rezeptsammlung und (dieser zweite Schritt wurde schrittweise eingeführt) auf einer entsprechenden Lernjournalseite zu dokumentieren. Dieser Prozess musste durch Bilder, teilweise sogar durch kurze Videos, die mit einer Stirnkamera aufgenommen wurden, veranschaulicht werden. Auf diese Weise konnte sich Nicola die Rezepte vor dem Unterricht ansehen, indem er einfach auf die e-DAP der Lernenden zugriff. Als dann alle Auszubildenden wieder in der Schule waren, bat Nicola eine Person, ihre Erfahrungen mithilfe der e-DAP vor der Klasse zu erläutern. Allein dies löste in der Klasse ausführliche, leidenschaftliche und dynamische Diskussionen aus, die manchmal auch in einen positiven Wettstreit unter den Auszubildenden mündeten. In diesen Gesprächen wurde dann das anhand der Bilder konkret dargestellte explizite Wissen tatsächlich mit impliziten theoretischen Kenntnissen verknüpft. In einigen Fällen wurde die Diskussion selbst konkretisiert und visuell dokumentiert, wobei die ursprünglichen Bilder aus der e-DAP beschriftet oder miteinander verbunden wurden, um Vergleiche zu ermöglichen (Abbildung 3-5).

An diesem Punkt wollten wir wissen, wie stark das Gesamtkonzept vor allem auf dem Lernprozess der Auszubildenden beruhte. Hier half uns der Umstand, dass Nicola in zwei parallelen Klassen unterrichtete, sodass wir eine der Klassen als Versuchsgruppe und die andere als Kontrollgruppe nutzen konnten. Die Unterrichtsinhalte und das allgemeine Konzept waren in beiden Klassen gleich, aber die erste Gruppe konnte von der e-DAP profitieren, was bei der zweiten natürlich nicht der Fall war. Das Ergebnis stellen wir im Folgenden vor.

STIR FRY PREPARATION



Iron pan

Abundant fat matter

STIR FRY TOOLS/GENERAL PORTIONS







Brasier

Not veal! :-)

ROASTING PREPARATION



There are bones too!
A nice sliced piece of meat
leaf seasoning

Add meat and vegetables and then put it in the oven. Remove the meat before adding wine otherwise the crust will not remain crispy due to the moisture.

Adding wine in this moment (see picture) will make it "glazing" cooking method!

BRASING PREPARATION




Cover with a lid!

STIR FRY					
		NURSING HOME	RESTAURANT	CANTEEN	
MISE IN PLACE	Ingredients	Foodstuffs	French Breast Pork loin, veal breast (cheaper) Fillet of beef (clients like it, iron...so we write it in the menu)	French Breast Fillet of beef	French Breast Fillet of beef
		Amount per portion	120g 80-100 g Depends on the menu (old people eat less)	189g You can choose the weight and course!	120-150g (You can choose since they're young (not old people) Type of client)
		Total amount	10kg (x80people) Depends on the nursing home	180-200g	20-80 kg (x160) Depends of the meat
	Tools	Type of tool	Flippable brasier Combisteaemer	Anti-stick pan or lionnaise	Brasier Combisteaemer
		Dimensions	Big brasier = 100x50		
PREPARAZION	Cooking time/temperature	20-35 min	5 min max	20 -35 min	
	Resting time	Cool down and regenerate?		Cool down and regenerate?	
COMPLETION	Serving time	Depends on serving time and number of people	Depends on serving time and number of people	Depends on serving time and number of people	
	Garnishing	Clients don't like them, they take too long to make and cost too much	We have time and money to make them	We don't do them, they take too long to make and cost too much	
OTHER	Healthy diet	Fat-free Degrease before adding sauce	We use fat! The flavour is much better!	Fat-free Degrease before adding sauce	

Abbildung 3-5 • Beispiele für die Verarbeitung des Rohmaterials zu erweiterten Artefakten im Unterricht: Bilder werden kommentiert und Legenden eingefügt, um auf wichtige Elemente (oben und mittig links) hinzuweisen oder Fälle einander gegenüberzustellen (rechts). Als allgemeines Ergebnis der Analyse werden nach und nach Übersichtstabellen (unten) erstellt.

Wird das System genutzt?

Zunächst wollten wir wissen, ob die Anwender das System einfach zu bedienen fanden und es dann auch nutzten. Diese Frage wurde positiv beantwortet: Die e-DAP wurde als benutzerfreundlich und auch als nützlich für das Lernen empfunden (Motta et al., 2013, 2014). Nach den ersten sechs Monaten, in denen die e-DAP genutzt wurde, lag die durchschnittliche Anzahl der Rezepte pro Lehrling bei 15; am Ende der Lehrzeit war sie auf 48 angestiegen (für Einzelheiten siehe Cattaneo et al., 2015). Ein ähnlicher Effekt wurde auch bei den Bäckern, Konditoren und Chocolatiers beobachtet (Mauroux et al., 2016).

Da wir wissen, dass Quantität in vielen Situationen nicht unbedingt der beste Indikator ist, wollten wir auch die Qualität der Einträge begutachten. Diesbezüglich konzentrierten wir uns auf die Einträge im Lernjournal und ermittelten die durchschnittliche Anzahl der Reflexionen, die den Rezepten hinzugefügt worden waren. In den meisten Fällen zeigte die Versuchsklasse in ihren Lernjournalen deutlich mehr Reflexionen als die Kontrollgruppe (Tabelle 1 im Anhang; weitere Einzelheiten siehe Cattaneo et al., 2015). Weitere Untersuchungen bestätigten, dass die Entwicklung der metakognitiven Fähigkeiten unserer Auszubildenden durch die Anregungen zur Reflexion wirksam unterstützt wurde.

Wirkt sich das System positiv auf den Lernerfolg aus?

Obwohl die Entwicklung der metakognitiven Kompetenzen gerade für Berufsschüler und Berufsschülerinnen ein wichtiger Bestandteil des Lernens ist, bestand für Nicola – und auch für uns – die Sorge, ob sich die neue Lehrmethode auch für den deklarativen Wissenserwerb, eine Art Frühindikator für den Lernerfolg, eignete. Daher wurden mehrere der von uns implementierten Szenarien, sowohl individuelle als auch kollaborative, so konzipiert, dass sie Messwerte dieser Komponente enthielten. Konkret entwickelte Nicola Lerntests für alle wichtigen Garverfahren. Wir führten die Tests vor und nach der Lernaktivität durch, um sowohl zu Beginn die Vergleichbarkeit der beiden Klassen zu überprüfen als auch nach der Lernaktivität beide Klassen zu vergleichen. Wiederum stellten wir fest, dass die Klasse, die von der Erfahrungsraum-Pädagogik profitiert hatte, die andere übertraf (Tabelle 2 im Anhang und Cattaneo et al., 2015).

Dies spiegelte sich auch in den Abschlussnoten der Prüfungen wider; noch besser, wer die Plattform intensiver nutzte, erzielte höhere Raten (Mauroux et al., 2016; Schwendimann et al., 2018).

Obwohl die Prüfung bereits einen praktischen Teil beinhaltet, waren wir nicht ganz zufrieden und wollten weiter testen, ob sich diese Vorteile auch in der Praxis zeigen. Also führten wir im Zentrum für überbetriebliche Kurse einen Versuch durch. Wir baten eine Gruppe von Auszubildenden aus jeder Klasse, das gleiche Rezept (Hähnchen nach Zürcher Art) zuzubereiten und gaben ihnen 25 Minuten Zeit. Allen Auszubildenden stand ein professioneller Arbeitsplatz zur Verfügung, an dem die benötigten Zutaten im Vorfeld für den Gebrauch vorbereitet waren. Alle Probanden sollten während der Zubereitung «laut denken» und ihre Arbeitsschritte, während sie sie ausführten, kommentieren. Eine Kamera pro Arbeitsplatz hielt die Handlungen und Kommentare der Teilnehmer in einem Video fest. Die Clips wurden dann zwei Profis, Experten auf dem Gebiet, gezeigt. Diese bewerteten jedes Video unabhängig anhand eines 27 Indikatoren umfassenden Rasters, das dem bei professionellen Wettbewerben verwendeten ähnelt. Bei 22 der 27 Indikatoren schneiden die Lernenden der e-DAP-Gruppe signifikant besser ab als die der Kontrollgruppe. Und siehe da: Auch ihre Reflexionen während der Arbeit waren differenzierter als die der Kontrollgruppe! (Für Einzelheiten siehe Cattaneo & Motta, 2021)

Und wie sieht es mit dem Brückenschlag zwischen den Lernorten aus?

An dieser Stelle fehlt noch ein wichtiges Puzzleteil. Wir starteten Dual-T mit der Frage nach dem Potenzial von Technologien zur Überbrückung der Diskrepanzen zwischen den Orten, an denen die Berufsbildung stattfindet. Das Erfahrungsraum-Modell hatte sich bei den Köchen als wirkungsvoll erwiesen; vielleicht zeigte es ja auch hier eine Wirkung? Und wie steht es mit dem Berufsbildungssystem selbst? Glücklicherweise gibt es auch einige Daten zu diesen Themen.

Bei der Entwicklung der Plattform war unsere Hypothese, dass die Lernenden von der Möglichkeit profitieren, den visuellen Mehrwert von Bildern sowohl in der Schule (für den Austausch mit dem oder der Lehrenden und den anderen Lernenden) als auch am Arbeitsplatz (für die Gespräche mit den Berufsbildnerinnen oder Berufsbildnern) zu nutzen, und dass die Lern- und Leistungsdokumentation (DAP) ihnen somit hilft, eine Beziehung zwischen diesen beiden Lernorten herzustellen. Wir gingen auch davon aus, dass diese Dokumentation von allen Akteuren häufiger genutzt würde, wenn sie in elektronischer Form vorläge – insbesondere von (a) den Lehrkräften an den Schulen, obwohl die formelle Mitarbeit an der DAP nicht ihre Aufgabe ist, und (b) den Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern, die häufig keine Zeit haben, den Inhalt dieser Dossiers zu analysieren.

Zur Untersuchung dieser Hypothesen erstellten wir einen Fragebogen für Auszubildende in verschiedenen Berufen und stellten ihn bundesweit zur Verfügung. Dabei konnten wir nicht nur die Köche mit anderen Berufsgruppen vergleichen, sondern auch bezogen auf den Kochberuf sehen, ob und wie der Ansatz des «Erfahrungsraums» funktioniert. Abbildung 3-6 zeigt, dass sich die Gruppe der Köche im Dual-T-Projekt hinsichtlich der Frage nach dem Potenzial der DAP als Instrument zur besseren Vernetzung von Schule und Arbeitsplatz von den anderen Gruppen der teilnehmenden Auszubildenden unterschied. Dieser Unterschied spiegelt sich auch in der Verwendung der e-DAP in der Schule wider (Abbildung 3-7).

Gleichzeitig funktionierte aber nicht alles auf Anhieb wie erwartet. Sowohl bei den parallelen Erfahrungen mit den Bäckern als auch bei den Köchen war es nicht so einfach, die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner zu expliziten Rückmeldungen zu bewegen. Das war zumindest scheinbar so. Anhand unserer Logfiles sahen wir, dass einige Auszubildende weiterhin sehr wenig oder gar kein Feedback gaben (parallele Ergebnisse für Realto, einer anderen Plattform mit Lern- und Leistungsdokumentation, siehe Kapitel 4). Wir sagen «scheinbar», da wir nicht viel über die Rückmeldungen wissen. Wir haben zwar eine Feedback-Funktion in die Software integriert; aber wir können nicht ausschließen – und manchmal wurde uns das auch bestätigt –, dass die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner anstelle dieser Funktion das direkte und persönliche Gespräch mit den Auszubildenden vorzogen, wobei ihr Gespräch vielleicht sogar an einem Computer stattfand, der die e-DAP des Lernenden anzeigte. Ein persönliches Gespräch ist durchaus normal, wenn nicht sogar besser, wie uns die Lockdown-Erfahrungen während der Pandemie bestätigt haben.

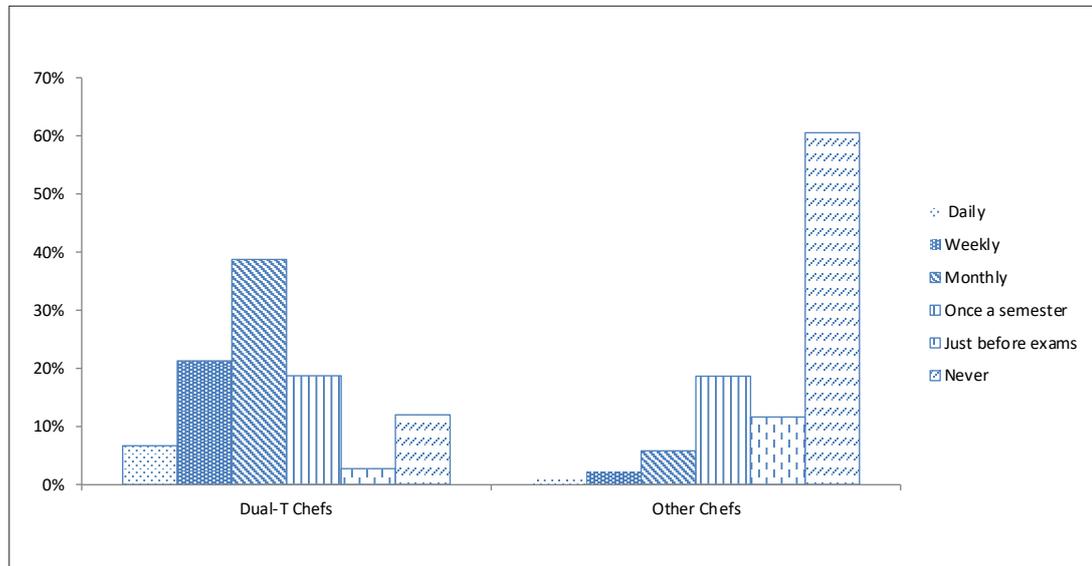


Abbildung 3-6 • Empfundenes Potenzial der DAP, die Kluft zwischen den Lernorten in verschiedenen Berufen zu überwinden. Bei den Köchen haben wir auch die Personen, die e-DAP (Chefs_DualT) nutzten, mit den Personen verglichen, die dies nicht taten (Chefs_Other).

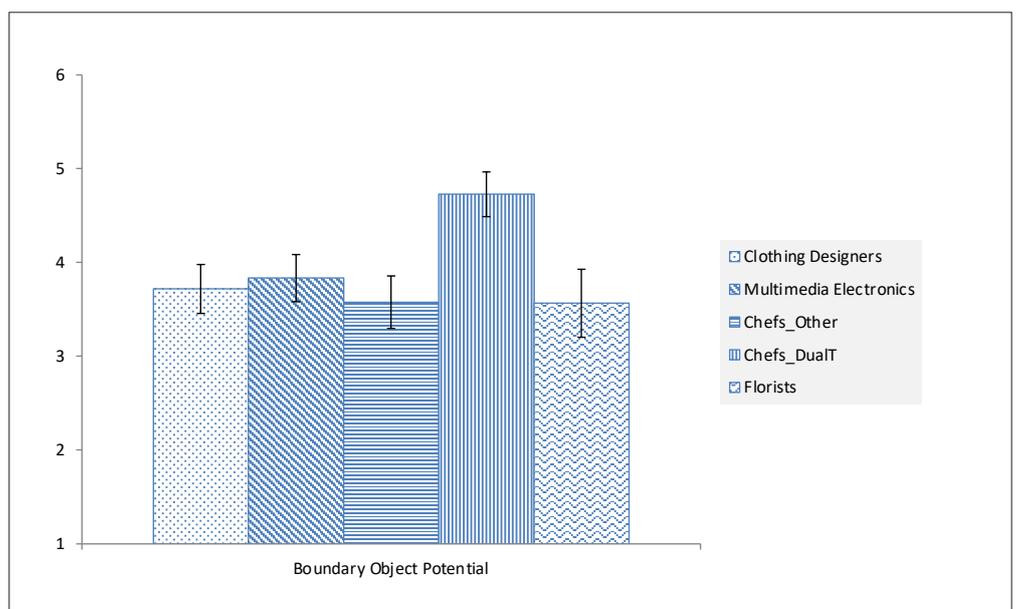


Abbildung 3-7 • Häufigkeit, mit der Kochlehrlinge die Lern- und Leistungsdokumentation in der Schule nutzen: Personen, die e-DAP nutzen (links) oder das traditionellere Format (rechts).

Eine weitere Bestätigung lieferte 2020 ein kürzerer Fragebogen, den wir den e-DAP-Nutzern und einer Kontrollgruppe von Auszubildenden, die noch nie am Dual-T-Projekt teilgenommen hatten, vorlegten. Wir fragten dort nach der von den Auszubildenden wahrgenommenen «aktuellen Vernetzung», etwa so wie Lehrkräfte in der Berufsfachschule die Lernenden auffordern, Beispiele aus ihrer beruflichen Praxis mitzubringen oder spezifische Arbeitsplatzsituationen zu nennen. Auch bei diesem Vergleich beider Gruppen zeigte sich in Bezug auf die im Rahmen der Ausbildung wahrgenommene Vernetzung ein signifikanter Unterschied zwischen jenen, die e-DAP nutzten, und der Kontrollgruppe.

Für Christian, der im Mai und November 2019 Berufsbildnerinnen und Berufsbildner zu Kurzworkshops einlud, um sie an den Einsatz der e-DAP zu erinnern und ihnen den Mehrwert des Tools für die Arbeit mit ihren Auszubildenden aufzuzeigen,

war dies ziemlich schmerzlich. Abbildung 3-8 (links) zeigt die Anzahl der Feedback-Anfragen aller Auszubildenden auf der Plattform ab 2014 (rot) und die entsprechenden Antworten der Berufsbildnerinnen und Berufsbildner (blau). Die Wirkung von Christians Massnahme wird erkennbar, wenn man das Geschehen vor (2014–2018) und nach dem Workshop (2019–2020) vergleicht. Auch verringerte sich der Zeitraum zwischen Anfrage und Antwort deutlich (Abbildung 3-8, rechts). Manchmal braucht es eben nur einen kleinen Anstoss, um eine bessere Wirkung zu erzielen.

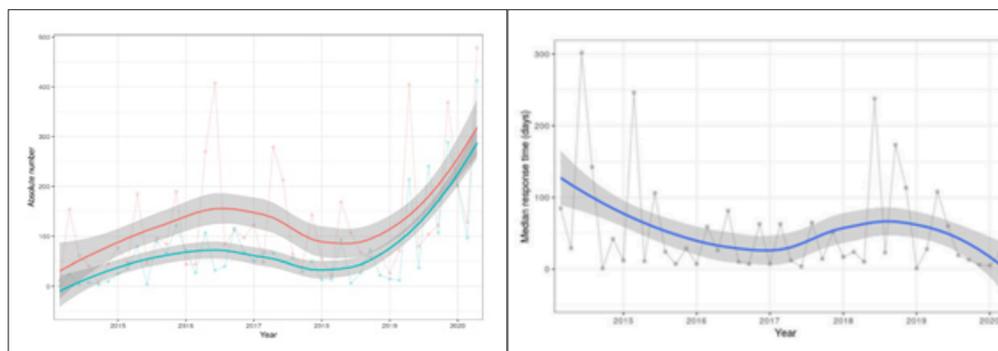


Abbildung 3-8 • Links: Anzahl der Anfragen von Auszubildenden (rot) und Anzahl der Rückmeldungen von Berufsbildnern (blau). Man beachte den Anstieg der Zahlen ab 2019, als die Workshops für Berufsbildner erstmals angeboten wurden. Rechts: Zeit in Tagen zwischen einer Feedback-Anfrage und der Antwort. Beachten Sie den Rückgang ab 2019.

Aber das waren noch nicht alle Grenzen, die dank der Plattform überschritten wurden. Es sollten weitere folgen. Einige Zeit nach Einführung der Plattform baten uns auch die kantonalen Inspektoren um Zugang zur e-DAP. Diese Personengruppe besucht die Lernenden am Arbeitsplatz, um den Fortgang der Ausbildung zu überprüfen. Früher konnten die Inspektoren aufgrund der oben genannten Situation ihre Besuche nur schwer im Voraus «vorbereiten», und manchmal hatten sie auch vor Ort Probleme mit dem Zugang zur papiergestützten DAP. Heutzutage ist es gängige Praxis, dass sie sich bei der Planung eines Besuchs zuvor die e-DAP ansehen. Auch die Grenzen zwischen den Berufen verschwanden, und so übernahm die auf Lebensmittel und Dienstleistungen (für fünf verschiedene Berufe) spezialisierte Berufsschulabteilung vor einem Jahr die e-DAP. Hier geht es auch um Networking (siehe Kapitel 4), denn die Zusammenarbeit mit der Berufsschulleitung und der für diesen Berufsbereich zuständigen kantonalen Stelle wurde von Beginn an gepflegt, um die Realisierung und die optimale Durchführung des Projekts zu gewährleisten. Sowohl der Schulleiter als auch der Kanton stimmten der Ausweitung des Erfahrungsschatzes auf alle Kochklassen der Schule zu, da sie das Ergebnis der Pilotmassnahmen überzeugt hatte. Die Verhandlungen mit dem nationalen Verband zur Ausweitung der Erfahrungen auf nationaler Ebene waren dagegen nur halb erfolgreich: Der nationale Verband (Hotel & Gastro Union) unterstützte das Projekt und finanzierte ein Upgrade der Plattform, das uns viele weitere Optionen ermöglichte. Ein Videoclip zur Förderung des Projekts wurde im Oktober an der Generalversammlung gezeigt und ist unter <http://youtu.be/M0U0qz9AjqY> abrufbar. Gleichzeitig konnte die e-DAP aber nur in zwei weiteren Kantonen eingeführt werden. Wie auch immer, wir sind keine Vertriebsgesellschaft.

Was heisst das nun?

Die Zusammenarbeit mit Bäckern oder Köchen war eine wirklich motivierende Erfahrung. Wir haben gezeigt, dass das **Sammeln** von Erfahrungen über mobile Geräte am Arbeitsplatz möglich ist und von den Firmenchefs generell gut angenommen wird. Einige der Chefs schwärmten sogar davon, wie es gewesen wäre, wenn sie als Lehrlinge diese Lösung zur Verfügung gehabt hätten. Wir zeigen auch, dass es möglich ist, Auszubildende zum **Nachdenken** und sogar zum **Notieren** ihrer Gedan-

ken zu bewegen – eine Technik, die bei den eher praktisch orientierten Lernenden nicht immer gut ankommt – und dass sich daraus wunderbare Resultate für die **Praxis** ergeben.

Bei den Bäckern, Konditoren und Chocolatiers handelte es sich nur um eine Änderung der Technik und nicht um eine Änderung der Praxis. Hier entschied sich der Berufsverband recht schnell, die vorgeschlagene Lösung zu übernehmen und sie landesweit zu einzuführen.

Nicola veränderte die Kochausbildung nicht nur in technologischer, sondern auch in pädagogischer Hinsicht: Auch der **Austausch** von Erfahrungen, die in unterschiedlichen Betrieben gemacht wurden, und ihre **Verwertung** im Unterricht erwies sich als möglich und als besonders förderlich für das Lernen. Aber es braucht Zeit und Geduld, die Praxis oder gar die Kultur zu verändern, zumal auch verschiedene Akteure jenseits ihres jeweiligen aktuellen Wirkungskreises zustimmen und involviert werden müssen.

LJ-based Scenarios					
	M_{exp} (SD_{exp})	M_{ctrl} (SD_{ctrl})	t-test		
Cooking method 1	5.16 (1.68)	3.31 (2.57)	t(24.960)=2.461	p=.021	r=0.44
Cooking method 2	5.12 (1.50)	3.63 (2.16)	t(26.549)=2.297	p=.030	r=0.41
Cooking method 3	6.23 (2.09)	4.33 (1.81)	t(29)=2.698	p=.012	r=0.45
Cooking method 4	5.07 (1.91)	5.35 (1.97)	t(30)=-.417	p>.05.	-
LJ-based Scenarios					
Cooking method 5	7.29 (2.62)	3.56 (2.74)	t(24)=3.410	p=.002	r=0.57
Cooking method 6	7.50 (2.90)	2.33 (2.18)	t(25)=4.710	p<.0001	r=0.69
Cooking method 7	7.00 (3.84)	5.20 (1.30)	t(22)=1.017	p>.05.	-
Cooking method 8	6.00 (2.81)	5.17 (1.47)	t(22)=.689	p>.05.	-

Tabelle 3-1 • Unterschied in der Anzahl der metakognitiven Elemente, die in den Lernjournaleinträgen zitiert werden (Versuchsgruppe zu Kontrollgruppe).

Session #	# of questions (specific/total)	t-test			Experim. Group M (SD)	Control Group M (SD)
General test on fish	12/14	t(34)= -2.420	p = .021	r = 0.38	3.19 (.32)	2.89 (.43)
Test on beef	3/17	t(37)= -2.308	p = .027	r = 0.35	5.62 (1.44)	4.58 (1.35)
Test on veal, pork and lamb	2/25	t(37)= -1.834	p = .075	r = 0.29	2.33 (.66)	1.97 (.55)
General test on meat	6/14	t(35)= -2.587	p = .014	r = 0.40	5.33 (1.06)	4.48 (.90)

Tabelle 3-2 • Unterschiedliche Ergebnisse der Versuchs- und der Kontrollgruppe im Lerntest (nur spezifische Fragen)

Kapitel 4

Erfahrungen austauschen: In Zusammenarbeit mit Malern

Jean-Luc Gurtner, Alberto Cattaneo, Alessia Coppi

Wie bereits in den Kapiteln 2 und 3 erwähnt, fällt es den Auszubildenden oft schwer, die schulischen Inhalte mit ihren Arbeitserfahrungen im Ausbildungsbetrieb zu verknüpfen. Diese beiden Kontexte unterscheiden sich in jeder Hinsicht: nach dem Setting, den Kollegen und der Möglichkeit oder Unmöglichkeit, sich an erfahrene Personen zu wenden, um Hilfe zu erhalten oder Fragen zu stellen, wann immer es nötig ist (Resnick, 1987). Jeder Lernort hat seine eigene Agenda und sein eigenes Programm. Es gibt keine Garantie für die Übereinstimmung der Inhalte mit dem behandelten Thema, da bis auf wenige Ausnahmen, wie in den sehr saisonalen Berufen, jedes Unternehmen zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem anderen Thema arbeitet. So kann die Schulinformation für einige zu früh und für andere Lehrlinge derselben Klasse zu spät kommen. Kann die Technologie dabei helfen? Und wie? Wir haben in Kapitel 3 gesehen, dass Technologie die Möglichkeit bietet, «Grenzen zu überschreiten» und dass ihr angemessener Einsatz den Lehrenden helfen kann, dem, was in der Schule erarbeitet wird, einen Sinn zu geben, indem sie es mit dem, was am Arbeitsplatz erlebt wird, verknüpft. Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der gleichen Problematik, aber aus der entgegengesetzten Perspektive: Wir untersuchen hier, ob und unter welchen Bedingungen Schulen die Auszubildenden bei ihrer Arbeit im Betrieb unterstützen und damit den Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern die Arbeit erleichtern können. Eine Geschichte aus dem Unterricht eines bekannten Ausbildners im Malerhandwerk veranschaulicht dieses Szenario der «Grenzüberschreitung».

Vernetzte Partner, unabhängige Akteure: der aktuelle Stand des Miteinanders in der Berufsbildung

Das Berufsbildungssystem in der Schweiz wird von drei Partnern gemeinsam verwaltet und gesteuert, die der Bundesebene (Staatssekretär für Bildung, Forschung und Innovation), der Kantonsebene (jeder Staat hat sein eigenes Amt für Berufsbildung) und den verschiedenen Berufsverbänden zugeordnet sind (Abbildung 4-1). Jeder Partner hat die dreifache Aufgabe, bestimmte Aspekte des Systems zu überwachen, zu kontrollieren und zu organisieren, und keiner von ihnen hat das Recht oder die Macht, etwas innerhalb des Systems ohne Zustimmung der beiden anderen Partner zu ändern. Aufgrund der Komplexität und der Kosten des gesamten Systems und der unterschiedlichen Bedürfnisse der einzelnen Berufsverbände, aber auch um den verschiedenen Branchen eine regelmässige Anpassung ihrer Ausbildungspläne an die Entwicklung des Arbeitsmarktes zu ermöglichen, müssen die drei Partner häufig zusammentreffen und über verschiedene Delegierte und zahlreiche Gremien verhandeln. Gemeinsam fördern sie neue oder aktualisierte Regelungen, passen Verordnungen an, beschliessen aber auch über die Finanzmittel und verteilen diese an die verschiedenen Stellen, die an den verschiedenen Standorten für die Durchführung der realen Ausbildung zuständig sind. Dies sind vor allem Berufsfachschulen und Branchenzentren. Auf dieser Ebene arbeiten die Partner recht gut zusammen und betonen regelmässig, wie wichtig es ist, eine gute Koordinierung zwischen den Akteuren, die an der Ausbildung von Lehrlingen beteiligt sind, zu schaffen und aufrechtzuerhalten – unabhängig davon, an welchem Lernort diese angesiedelt sind.



Abbildung 4-1 • Drei Partner unterstützen die Berufsbildung in der Schweiz und ihre jeweiligen Missionen.
Quelle: SBFJ.

Auf der unteren Ebene hingegen, der Ebene der Akteure, die regelmässig an der Ausbildung beteiligt sind – der Ausbildungsbetrieb, die Berufsfachschule sowie die Branchenkurse und -zentren (siehe Abbildung 4-2) – ist die Zusammenarbeit eher ungewöhnlich und entspricht vielfältigen Konzepten von Vernetzung (Sappa & Aprea, 2014).

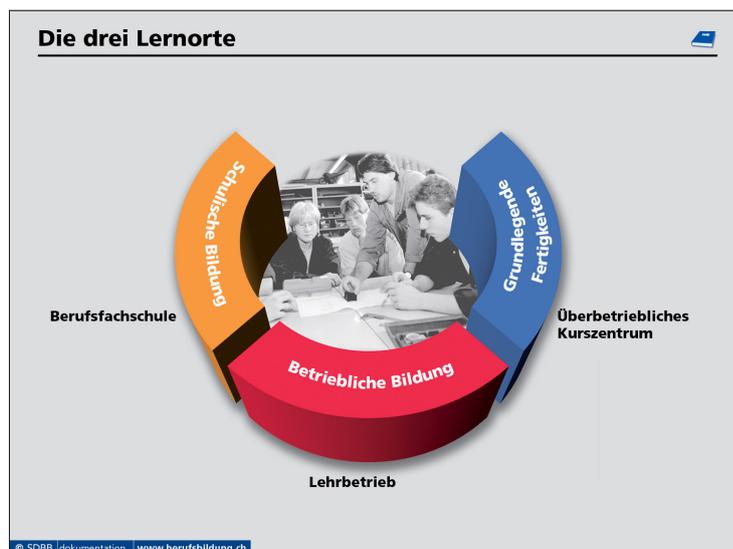


Abbildung 4-2 • Die drei Akteure, die einen Beitrag zur Berufsbildung in der Schweiz leisten (schwarze Schrift) und die Bereiche, in den sie dies tun (weisse Schrift innerhalb der farbigen Formen)
Quelle: SDBB

Dem Leser ist sicherlich nicht entgangen, dass in der Abbildung, die den tatsächlichen Beitrag zur Berufsbildung darstellt (Abbildung 4-2), im Gegensatz zu den in Abbildung 4-1 dargestellten Partnern weder die Bereiche noch die Einrichtungen miteinander verknüpft sind.

Es hat sich gezeigt, dass die Kontakte zwischen den Lehrenden in der Schule und den Berufsbildnerinnen oder Berufsbildnern vor allem dann stattfinden, wenn es Probleme gibt, etwa durch das Fehlverhalten eines Lehrlings (35 % der Kontakte zwischen Lehrenden und Berufsbildnern) oder grosse Lernschwierigkeiten (39 %), während beispielsweise gemeinsame Projekte (4 %) oder der Austausch von Lehrmaterial (1 %) fast nie als Grund für die Kontaktaufnahme mit einem anderen Ausbildungs-

akteur während der Zeit der Lernorttrennung genannt wurden (Peter, 2014). Darüber hinaus laufen solche Kontakte zumeist über die Schulverwaltung, nicht direkt von den Lehrenden zu den Auszubildenden oder umgekehrt.

Noch seltener, um nicht zu sagen, fast gar nicht vorhanden, waren Kontakte zwischen Fachlehrenden in Branchenzentren und Berufsschullehrkräften oder betrieblichen Lehrenden (Peter, 2014). Die erst um die Jahrtausendwende in das Berufsbildungssystem eingeführten und überwiegend an einem dritten, von den Berufsverbänden eingerichteten Ort durchgeführten Fachkurse werden in den offiziellen Texten als die Orte definiert, wo die betriebliche Ausbildung und der schulische Kenntniserwerb ergänzt und die Grundlagen des Berufs gefestigt werden. Eine solche Definition ist etwas zweideutig, wie wir bereits mehrfach an den beiden anderen Standorten gehört haben: Während einige diese Definition als Hinweis auf den sekundären Charakter der überbetrieblichen Lehrgänge betrachten, fragen sich andere, ob ihre Einführung ein Zeichen dafür sein könnte, dass die Berufsverbände die Auffassung vertreten, die beiden anderen Standorte hätten den Auszubildenden nicht die erforderliche Ausbildung vermittelt. Dies könnte, wie es in einem aktuellen Bericht des Erziehungsministeriums des Kantons Zürich heisst, zu «Friktionen bei der Abgrenzung der jeweiligen zu übermittelnden Inhalte» führen (Zürich, B. K., 2018, S. 99). Darüber hinaus sind zeitliche und finanzielle Fragen wenig hilfreich für gegenseitiges Vertrauen. So ist die Anwesenheit der Auszubildenden in den Branchenkursen zu einem bestimmten Zeitpunkt im Semester vorgeschrieben – unabhängig vom Druck im Betrieb oder in der Schule. Ausbildungsbetriebe beteiligen sich direkt an der Finanzierung der Branchenkurse, aber auch indirekt über ihre Mitgliedsbeiträge an die Berufsgenossenschaft und weil sie dafür sorgen müssen, dass die Lehrlingsgehälter auch dann ausgezahlt werden, wenn sie solche Branchenkurse besuchen und somit für das Unternehmen nicht produktiv sind. Hinzu kommt, dass es sich bei den Kursinstruktoren um weniger erfahrene Profis handeln kann als bei den Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern in den Betrieben; womöglich sind sie ehemalige Kolleginnen oder Kollegen, die ihr eigenes Unternehmen aufgegeben haben. Umgekehrt beklagen Berufsverbände häufig, dass die Berufsfachschulen ihnen nicht genügend freie Zeit geben, um die Branchenkurse mit minimaler Beeinträchtigung der Schulprüfungen, ihrer Vorbereitung oder während der Ferienzeit durchzuführen (Zürich, 2018). All diese widersprüchlichen Interessen führen zu Misstrauen, Trotz und Eifersucht zwischen den verschiedenen Akteuren, wie wir manchmal bei unseren regelmässigen Besuchen in den Betrieben, den Berufsfachschulen und den Berufszentren feststellen konnten.

Vertikal ist das Netzwerk um jeden Akteur nicht viel enger: Hat ein Betrieb von seinem Kanton die Bewilligung erhalten, als Ausbildungsbetrieb zu fungieren, kann er seine Auszubildenden selbst aussuchen und die Ausbildung nach Belieben organisieren. Der Ausbildungsplan wurde von der Berufsgenossenschaft im Hinblick auf die am Arbeitsplatz zu erwerbenden Kompetenzen definiert, nicht jedoch im Hinblick auf den Zeitpunkt (wann eine bestimmte Kompetenz erworben werden soll) oder im Hinblick auf die Gewichtung (wie viel Zeit den Auszubildenden für den Erwerb welcher Kompetenz eingeräumt werden soll). Die Mitgliedschaft in einem Berufsverband ist nicht obligatorisch und wird von vielen Fachkräften als nutzlos empfunden. In der Mehrzahl der Betriebe werden die Auszubildenden meist sehr eng von den Mitarbeitenden betreut, mit denen sie zusammenarbeiten, weil sie sich das gleiche Büro, die gleichen Maschinen oder die gleiche Abteilung teilen. Ihre eigentlichen Chefs sitzen in der Regel in einem anderen Büro oder einer anderen Abteilung des Unternehmens, und manchmal gibt es kaum Kontakte zu den jeweiligen Auszubildenden. Manchmal haben sie einen anderen Hintergrund oder sogar einen anderen Beruf, wie dies beispielsweise im Gesundheits- oder Lebensmittelbereich häufig der Fall ist. So ist in der Regel in einer typischen Bäckerei der eigentliche Chef des Verkaufspersonals der Eigentümer der Bäckerei, der als Bäcker hinter den Kulissen arbeitet, während seine Frau die Betreuung des oder der Auszubildenden im Laden übernimmt.

In einer typischen Berufsfachschule gibt es je nach Beruf in der Regel zwischen einer und drei Lehrkräften, die dasselbe Fach unterrichten. Deren Kontakt zur Schulleitung ist recht lose. Da in ein und derselben Abteilung der Schule sehr unterschiedliche Berufe zusammengefasst sind, wird der Kontakt zum Leiter der einzelnen

Abteilungen – dem Dekan – nur minimal gepflegt und ist eher organisatorisch als pädagogisch geprägt. Diese unterschiedlichen Hintergründe der Akteure sowie die Komplexität der Konstellation führen dazu, dass die meisten Berufsfachschulen die Lehrkräfte in administrativen Fragen kontrollieren, nicht aber in Bezug auf Inhalte oder Methoden, die im Unterricht eingesetzt werden sollen. Es ist daher nicht falsch zu sagen, die Lehrkräfte in Berufsfachschulen seien ziemlich unabhängig und würden dies auch so wünschen. Diese Feststellungen sollten aber nicht als Kritik am System aufgefasst werden. Sie sind lediglich das Ergebnis wiederholter Beobachtungen der Situation, die wir in den meisten Berufen und in den meisten Berufsfachschulen vorfinden und die eine Folge der Komplexität sowohl der Arbeitsmarktorganisation als auch der dualen Ausbildung ist.

Trotz der hohen Komplexität des Netzwerks um jeden Auszubildenden und der Bemühungen der Organisationen, die das System verwalten (der Partner), um eine fruchtbare Zusammenarbeit zu erreichen, bleiben die Akteure, die tatsächlich zu diesem Netz beitragen, relativ lose miteinander verbunden und fühlen sich weitgehend unabhängig voneinander. Alle haben ihre eigene Agenda sowie eigene Prioritäten, Programme und Aktivitäten, die sie den Auszubildenden vorschlagen. Selbst wenn die Lehrpläne klar vorschreiben, was in der Schule, in den Branchenkursen oder am Arbeitsplatz gelehrt und praktiziert werden soll, wird eine Zusammenarbeit nirgends verlangt oder erwartet. Wie eine Studie von Peter (2014) zeigt, begrüßen die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner mehrheitlich schulische Aktivitäten, die teilweise im Betrieb absolviert werden müssen, während eine gleich grosse Gruppe dieses Personenkreises der Ansicht ist, dass solche Aktivitäten die Ausnahme bleiben und keine Zeit, Aufmerksamkeit oder Mühe seitens des oder der betrieblichen Auszubildenden erfordern sollten. Auch Auszubildende äussern sich diesbezüglich ambivalent. Obwohl sie das, was ihnen an den verschiedenen Lernorten vermittelt wird, generell als sehr unverbunden empfinden und sich mehr Synergien wünschen, sind sie nicht sicher, ob sie es schätzen würden, wenn sich ihre verschiedenen «Auszubildner» an den jeweiligen Lernorten intensiver über ihre Leistungen und Einstellungen austauschen würden. Daran hat sich nichts geändert gegenüber einer Studie aus dem Jahr 2011, in der sich die Auszubildenden eindeutig als praktisch veranlagte Personen beschrieben (Taylor & Freeman, 2011) und die im Betrieb vorherrschende Orientierung an der Produktivität gegenüber der für die Schule typischen Lernorientierung bevorzugten (Illeris, 2011). In einer im Rahmen des Projekts durchgeführten Umfrage haben wir beispielsweise die verschiedenen Beteiligten gefragt, ob sie es begrüßen würden, wenn die schulischen Lehrkräfte die vorgeschriebenen, in den Betrieben zu ergänzenden und zu korrigierenden Lern- und Leistungsdokumentationen der Auszubildenden einsehen könnten. Wie sich herausstellte, waren die Auszubildenden wesentlich seltener dafür, den Lehrenden in der Schule Zugang zu dieser Dokumentation zu gewähren, als die Lehrkräfte selbst oder die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner. Die Lehrenden hätten diese Unterlagen zwar gerne angesehen, um mehr über die Arbeit der Auszubildenden in den Betrieben zu erfahren, waren aber weniger als alle anderen Beteiligten bereit, die Einträge der Auszubildenden zu kommentieren oder zu korrigieren (Caruso et al., 2020). Kurz gesagt: Es ist ein bisschen so, als ob jeder Auszubildener sehen will, was an den anderen Lernorten gemacht wird, aber nicht bereit ist, über seine eigentliche Verantwortung hinaus Zeit und Mühe zu investieren, um die Arbeit des oder der anderen Auszubildener leichter oder fruchtbarer zu machen. Ein Verhalten, das wir manchmal als «peep in but not chip in»-Prinzip bezeichnen (Gurtner, 2021). Diese starke «Unabhängigkeit» der verschiedenen Akteure überlässt den Auszubildenden unserer Meinung nach die schwierige Aufgabe, das Gelernte an den verschiedenen Lernorten zu bündeln, eine Aufgabe, die durchaus eine echte Herausforderung sein könnte, wie wir bereits aus der umfangreichen Literatur über informelles und formelles Lernen wissen. Aus diesem Grund haben wir uns entschlossen zu untersuchen, wie Lerntechnologien die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren, die an der Berufsbildung beteiligt sind, fördern und so den Auszubildenden helfen können, die Zusammenhänge zwischen dem, was sie in der Schule lernen, und dem, was sie in ihrem Betrieb lernen, besser zu erkennen. Diese Zusammenarbeit, dachten wir, wäre noch einfacher zu gestalten, da, wie wir in Kapitel 1 gesehen haben, die meisten Lehrkräfte an Berufsfachschulen und für überbetriebliche Kurse früher Fachkräfte waren oder nach wie vor sind.

Nutzung von Technologien zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Akteuren an verschiedenen Lernorten

Wie bereits in Kapitel 2 dargestellt, ist der Erfahrungsraum ein virtueller Raum, in dem die Erfahrungen eines Auszubildenden an einem Ort, in der Regel am Arbeitsplatz, dekontextualisiert und in eine abstraktere, detailliertere und reflektivere Form transformiert werden können. Aber der in den bisher im Projekt entwickelten Plattformen (siehe Kapitel 3) wie LearnDoc für Bäcker oder e-DAP für Köche vorhandene Content wurde von Auszubildenden eingefügt, wobei den Lehrenden und den Berufsbildnerinnen und -bildnern die Möglichkeit geboten wurde, diese Inhalte zu betrachten und gegebenenfalls darauf zu reagieren – nicht jedoch, eigene Inhalte beizusteuern oder diese von den Auszubildenden kommentieren zu lassen.

Daher haben wir beschlossen, eine neue Plattform zu konzipieren, auf die auch Lehrende und Berufsbildner – nicht nur Auszubildende – Inhalte hochladen können, d. h. eine Plattform, die es ermöglicht, Inhalte, die ein Nutzer den anderen Nutzern zugänglich machen möchte, einfach von einem Ort zu einem anderen zu übertragen. Sofort kam mir die Metapher einer Brücke in den Sinn, mit ihrer Doppelfunktion als Bindeglied und Abkürzung zwischen zwei Orten. Aufgrund früherer Erfahrungen wussten wir, dass es sich nicht um eine Freiluftbrücke wie die Golden Gate Bridge oder der Pont d'Avignon handeln kann, da über diese Brücke manchmal sensible Inhalte transportiert werden müssen. Nicht alle Berufsbildnerinnen und Berufsbildner akzeptieren, dass Mitarbeitende fremder Unternehmen sehen können, wie sie im eigenen Unternehmen arbeiten, und auch nicht jeder Lehrende ist bereit, sein Material mit den Lehrpersonen anderer Schulen zu teilen. Wir haben uns dann daran erinnert, dass es in anderen Ländern, etwa in Italien, gemauerte Brücken mit Dächern gibt. Sie ermöglichen einerseits den Warentransport von einem Ort zum anderen und verhindern gleichzeitig, dass jeder sehen kann, was tatsächlich befördert wird. Ein gutes Beispiel hierfür ist die berühmte Rialto-Brücke in Venedig. So haben wir uns entschieden, die neue Plattform «Realto» zu nennen, da dieser Name dem der bekannten Brücke hinreichend ähnelt, aber nicht völlig identisch mit ihm ist. Darüber hinaus bezieht sich «Realto» implizit auf die «realen» Erfahrungen, von denen wir lernen wollen, und er erregt die Aufmerksamkeit des Lesers durch das Vorhandensein des für jede elektronische Umgebung typischen Buchstabens «e».

Als Teile der bisher entwickelten Plattform-Familie bietet auch Realto den Auszubildenden eine einfache Möglichkeit, am Arbeitsplatz aufgenommenes Material (z. B. Fotos, Filme, Notizen) hochzuladen, es in verschiedener Weise zu bearbeiten und es den Berufsbildnern oder den Lehrkräften in der Schule in unterschiedlicher Form und mit mehr oder weniger zahlreichen Anmerkungen versehen zu präsentieren. Die Bandbreite der Formate erstreckt sich von einfachen Posts bis hin zu vollständig ausgearbeiteten Dokumenten, wie z. B. einer Lern- und Leistungsdokumentation. Zum Schutz der teilweise sensiblen Daten musste der Zugang zu dieser neuen Plattform – wie bei den bereits vorhandenen Plattformen – in vielerlei Hinsicht eingeschränkt werden (damit die Brücke auch wirklich «sicher» ist). Login- und Einladungsverfahren stellen sicher, dass nur die «richtigen» Personen das hochgeladene Material sehen können; dabei bietet Realto auch die Möglichkeit, den Zugriff auf verschiedene Bereiche manuell einzustellen und zu verändern. Aber dieser Datenschutz reichte offensichtlich nicht aus, um Lehrende und Berufsbildner zum Austausch von Informationen auf der Plattform zu bewegen. Nicole Furlan (2017) stellte in ihrer Dissertation beispielsweise fest, dass Berufsbildnerinnen und Berufsbildner die Lern- und Leistungsdokumentationen ihrer Auszubildenden mit Realto nicht häufiger kommentierten als mit dem herkömmlichen Papierformat (obwohl sich das bei anderen Erfahrungen, etwa bei den Köchen, etwas anders war, siehe Kapitel 3). Zwei weitere Aspekte waren jedoch ermutigender: Der Zeitraum zwischen der Veröffentlichung eines Lerndokuments auf der Plattform und dem Eingang des Feedbacks war bei Realto kürzer und die Vollständigkeit des Feedbacks (gemessen in der Anzahl der Wörter) war grösser als bei dem Feedback in Papierform.

Auch wenn der fehlende Effekt auf die Häufigkeit der Reaktionen und die Geschwindigkeit der Antwort vollkommen mit dem übereinstimmt, was wir bereits aus den Praktiken der sozialen Netzwerke und anderen Plattformen wissen (siehe Kapitel 3

für ähnliche Ergebnisse mit der Kochplattform), war der Einfluss von Realto auf die Vollständigkeit der Rückmeldungen unerwartet und ermutigte uns, das System beizubehalten und zu verfeinern.

Anschliessend wurde eine *Benachrichtigungsfunktion* hinzugefügt, die es ermöglicht, den «richtigen» Personen mitzuteilen, dass Feedback von ihrer Seite erwartet wird. Die erste Idee für eine solche Funktion war eine E-Mail oder eine Nachricht auf dem Telefon des Empfängers. Tatsächlich waren die Reaktionen hierauf ambivalent: Nicht jeder schätzte es, auf diese Weise aufmerksam gemacht zu werden, während andere darin eine willkommene Erinnerung sahen und einen nützlichen Indikator dafür, dass die Auszubildenden ihre Berichte fertiggestellt hatten. In Übereinstimmung mit anderen sozialen Medien haben wir uns für weniger aufdringliche Versionen der Benachrichtigungsfunktion entschieden – in Form einer roten Fahne, die in der To-do-Liste des Empfängers auf dem Startbildschirm von Realto blinkt, ergänzt durch den Namen der Person, die eine Reaktion anfordert (siehe Abbildung 4-3) – und mit der Möglichkeit, dass der Empfänger selbst entscheiden kann, wie oft er solche Benachrichtigungen für welche Arten von Feedback er erhalten möchte.

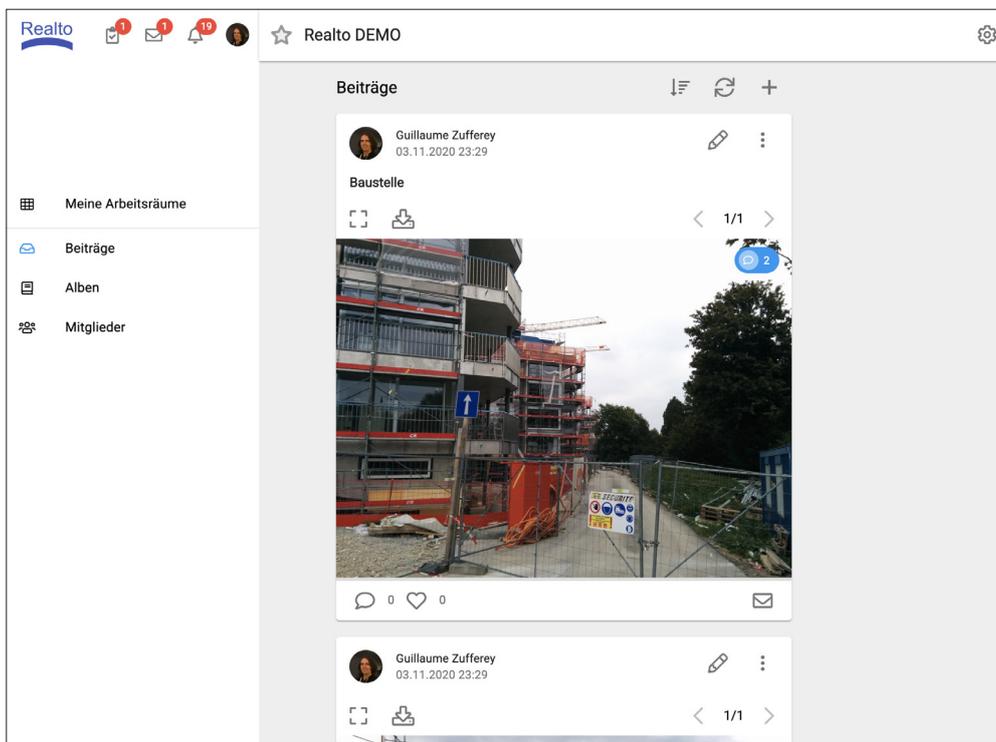


Abbildung 4-3 • Realto-Screenshot, der neben dem Realto-Logo die To-do-Liste mit den roten Punkten zeigt, wobei diese anzeigen, welche Benachrichtigungen eingegangen sind und wer sie im Netzwerk verschickt hat.

Der Erfahrungsraum sieht aber nicht vor, dass die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner sehen können, was die Auszubildenden in der Schule gemacht haben oder gerade machen. Damit der Austausch in beide Richtungen verläuft – und nicht nur über das, was die Auszubildenden sagen oder über die «Brücke» in den Betrieb mitbringen – haben wir uns für verschiedene Lösungen entschieden, die es den Berufsbildnern ermöglichen, sich über die schulische Arbeit zu informieren oder sogar daran mitzuwirken. Daher boten wir den Lehrenden die Möglichkeit, direkt auf der Plattform, d. h. in den Unterrichtsräumen, nicht nur Dokumente und Fotos, sondern auch komplette Aktivitäten, die Auszubildende ausserhalb der schulischen Umgebung ausführen müssen, einzufügen. Unsere naive Erwartung war, dass die Auszubildenden ihre Schulaufgaben am Arbeitsplatz erledigen würden, wo ihnen die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner über die Schulter schauen und so regelmässig darüber informiert würden, woran die Lernenden und Lehrenden in der Schule gerade arbeiten. Anhand einer Umfrage fanden wir jedoch heraus, dass die meisten Auszubildenden tatsächlich häufiger von zu Hause auf Realto zugreifen als am Arbeitsplatz – eine generelle

Beobachtung, die nur leicht von Beruf zu Beruf und von Betrieb zu Betrieb variiert (Caruso et al., 2020).

Eine weitere Idee war, die Berufsbildner über eine Einladungs-E-Mail direkt mit den Lehrenden zu verbinden, um sie in den Unterrichtsraum zu integrieren. Dies erwies sich als wenig sinnvoll, da dies eine Lawine von Benachrichtigungen auslöste, welche die Berufsbildnerinnen und -bildner, die am Pilotversuch mitwirkten, schnell unter sich begrub. Die Berufsbildner wurden nicht nur über die Aktivitäten ihrer eigenen Auszubildenden informiert, sondern über die aller Anwesenden in einem Unterrichtsraum: Lehrende, Auszubildende und deren jeweilige Berufsbildner, was dazu führte, dass die meisten Berufsbildner die Einladungen einfach ablehnten und Benachrichtigungen ignorierten. Eine mögliche Lösung dieses Problems, dachten wir, könnte darin bestehen, die Posts so zu filtern, dass nur die übrig blieben, die sich auf bestimmte Auszubildende bezögen. Es stellte sich aber bald heraus, dass diese Benachrichtigungen nicht von jenen zu trennen waren, die sich nicht auf bestimmte Auszubildende bezögen, aber trotzdem für einen bestimmten Berufsbildner relevant sein konnten. Somit wäre die Filterung von Informationen auf dieser Grundlage entweder zu restriktiv oder zu offen gewesen, um noch sinnvoll zu sein. Um dieses Risiko zu vermindern und das Tool an die unterschiedlichen Perspektiven seiner Nutzer anzupassen, bieten die Benachrichtigungsfunktionen unserer Plattformen viele Möglichkeiten, die sich je nach Benutzerpräferenz einstellen lassen.

Aus unseren Daten geht auch hervor, dass einige Anwendergruppen originelle Wege gefunden haben, um solche Schwierigkeiten zu umgehen. Ein Beweis für ihren Willen, «den Kreis zu schliessen» und Kommunikationswege zwischen Lehrenden und Berufsbildnern zu öffnen, auch für die Fälle, in denen «nichts schief geht» (!). Manche Lehrenden gewährten den Berufsbildnern ihrer «gemeinsamen» Auszubildenden den Zugriff auf ihre eigenen Ordner mit Aufgaben für die Lernenden; andere wiederum errichteten parallele Arbeitsräume, in denen sie die Berufsbildner über die schulischen Aktivitäten informierten und zu einem Feedback ermunterten. Diese Lösungen mögen zwar als Beschränkung der angestrebten «Offenheit» der Realto-Plattform erscheinen, sind aber zugleich das Ergebnis pragmatischer Entscheidungen, die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner regelmässig über die schulischen Aktivitäten auf dem Laufenden zu halten. Solche alternativen Kommunikationswege ermöglichen es den Lehrenden auch, die Berufsbildner über jegliche Art von Unterstützung zu informieren, die sie sich wünschen, indem sie ihre «gemeinsamen» Auszubildenden auf einschlägiges Material aufmerksam machen, ihnen bei der Durchführung von Aktivitäten behilflich sind oder ihnen bestimmte Fertigkeiten am Arbeitsplatz vermitteln, wie dies bei der in Kapitel 3 beschriebenen Plattform für Köche der Fall ist. Das nachstehende Beispiel aus dem Malerhandwerk zeigt, dass einige Lehrende den Unterrichtsraum direkt nutzen, um die Berufsbildner auf neue Vorschriften oder Entwicklungen aufmerksam zu machen, die ihnen möglicherweise nicht bekannt sind, z. B. Vorschriften zur Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz oder von hochmodernen Labors entwickelte neue Produkte. Umgekehrt können auch die Berufsbildner solche Kommunikationswege nutzen, um Lehrende in Berufsfachschulen oder Branchenzentren zu bitten, den Auszubildenden bestimmte Phänomene, Prinzipien oder Techniken näher zu erläutern, damit sie diese besser verstehen und ihre Aufgaben im Betrieb besser ausführen können.

Eine weitere Möglichkeit, die Interaktivität auf der Plattform zu fördern, bestand darin, das Schulungsprogramm umzusetzen, das zur Vorbereitung der verschiedenen Akteure auf die Nutzung von Realto beschlossen wurde. Nach einer Studie von Felder (Cattaneo et al., 2021) hatte die gemeinsame Ausbildung der drei Akteure (d. h. die Teilnahme von Lehrenden, Auszubildenden und deren Berufsbildnern an den gleichen Schulungsprogrammen) einen langfristigen Einfluss auf die Aktivität der Auszubildenden auf der Plattform während des gesamten Schuljahres, während die getrennte Ausbildung zu einer gleichmässig sinkenden Aktivität führte. Wir vermuten, dass das gemeinsame Training den verschiedenen Akteuren das Gefühl gab, in einem Team eingebunden zu sein, das sie zur gegenseitigen Unterstützung veranlasste, wenn die Motivation oder die verfügbare Zeit irgendwann abnahm.

Wie wichtig es ist, ein Team zu bilden, um die Lernaktivität zu steigern, ist auch aus Abbildung 4-4 ersichtlich. Dort haben wir die durchschnittliche Anzahl der pro

Monat eines ganzen Schuljahres von drei Gruppen von Auszubildenden erstellten Lerndokumente auf der Grundlage der auf Realto aktivierten Verbindungen verglichen. Dabei wurde unterschieden zwischen (a) den Auszubildenden, die nur mit ihren Lehrenden in Verbindung standen (sternförmige Verbindungen, Einladung von Seiten der Lehrenden, ohne Beteiligung der jeweiligen Berufsbildner), (b) den Auszubildenden, die von ihren Berufsbildnerinnen und Berufsbildnern auf Realto eingeladen wurden, ohne dass ihre Lehrpersonen daran beteiligt waren (bilaterale Verbindungen; dies war in der Regel der Fall bei Auszubildenden, deren betriebliche Ausbilder positiv auf eine Einladung ihres Berufsverbandes reagiert hatten), und (c) denjenigen, die offene Verbindungen zu beiden Gruppen pflegten, wobei auch die Lehrenden und die Berufsbildner in direktem Kontakt zueinander standen (trilaterale Verbindungen). Obwohl das letztgenannte System etwas länger brauchte, um etabliert und wirksam zu werden (siehe Status im September), führte diese trilaterale Verbindung (durchgezogene Linie), verglichen mit den beiden anderen Verbindungsarten, zu einer eindeutig höheren und dauerhafteren Produktivität (gemessen an der durchschnittlichen Anzahl von Lerndokumenten, die jeder Lernende jeden Monat ausgibt).

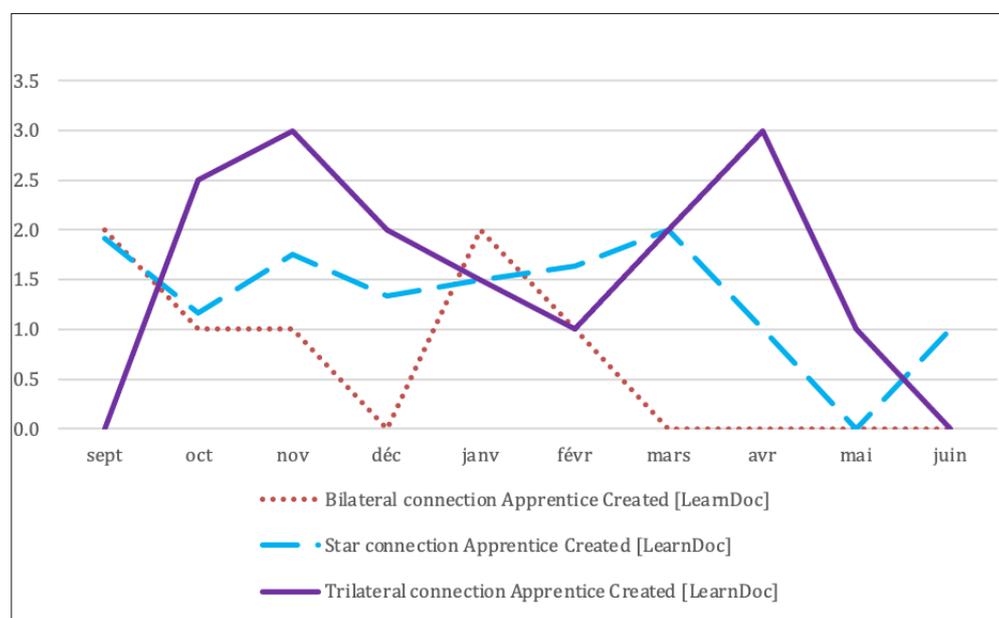


Abbildung 4-4 • Mittlere Anzahl der von den Auszubildenden monatlich angefertigten Lern- und Leistungsdokumentationen im Verhältnis zur Art der in Realto hergestellten Verbindungen

Wie Auszubildende im Malerhandwerk Realto als Tool zur Vernetzung der Lernorte nutzen

Im Malerhandwerk arbeiten die meisten Unternehmen auf Anforderung der Kunden in Privathäusern, aber auch innerhalb und ausserhalb grösserer, oft noch im Bau befindlicher Gebäude. Sicherheitsfragen sind dort von grosser Bedeutung, und der Bereich «Arbeitssicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz» ist heute einer der vier Kompetenzbereiche, um die sich der Lernplan dreht. Obwohl die Unternehmen für die Sicherheit ihrer Mitarbeitenden zuständig sind, haben viele Firmen aus unterschiedlichen Gründen damit zu kämpfen. Die Zahl und die sprachliche Komplexität der Gesetze, Verordnungen und Regelungen, die sich mit dem Thema befassen, nehmen stetig zu, und diese Vorschriften eng zu verfolgen, können die meisten Berufsbildnerinnen und Berufsbildner oft nicht leisten. Darüber hinaus haben mehr als 95 % der Unternehmen dieser Branche weniger als 20 Mitarbeitende, die alle lieber ihr Handwerk ausüben als an Kursen über die neuen Vorschriften teilzunehmen. Ausserdem wissen wir, dass junge Menschen eine andere Gefahren und Risiken anders einschätzen als erfahrenere Kollegen (Breslin et al. 2007). Die Berufsbildner sind daher sehr froh darüber, dass Berufsfachschulen und Branchenkurse ihren

Anteil an der Ausbildung von Auszubildenden in diesem Themenkomplex leisten.

Christoph Wüthrich, Lehrer an der Berufsfachschule Wattwil, setzt Realto täglich in seinen Kursen ein. Er hat die Chance genutzt, die angehenden Maler mithilfe von Realto in Sicherheit und Prävention zu unterrichten. Um die Lerninhalte zu Gesetzen, Regulierungen und Vorschriften mit Beispielen aus der Praxis zu verdeutlichen, bittet er die Lernenden, Fotos zur Verfügung zu stellen, die verschiedene Arbeitssituationen abbilden, um anhand dieser Bilder die inhärenten Gefahren und Risiken am Arbeitsplatz zu besprechen und diese in Bezug zu den unterschiedlichen Vorgaben auf Bundes- und Kantonebene betreffend Sicherheit am Arbeitsplatz (rosafarben unterlegt in Abbildung 4-5) zu setzen. Ergänzend bezieht er eine Vielzahl von Broschüren ein, die vom Berufsverband oder anderen Institutionen zur Verfügung gestellt werden und in denen die Massnahmen zusammengefasst sind, mit denen sich typische Risikosituationen sicher bewältigen lassen, oder die auf Verfahren eingehen, die sich in solchen Situationen bewährt haben (blau unterlegt in Abbildung 4-5). Schliesslich stellt er die PowerPoint-Präsentationen, die er im Unterricht verwendet hat, auf die Plattform (dunkelrot unterlegt in Abbildung 4-5). Laut Wüthrich richten sich die Vorträge des Lehrers sowie die Broschüren und Faltblätter, die er auf der Plattform bereitstellt, an die Auszubildenden – interessanterweise aber auch an die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner. So erfahren diese, was den Auszubildenden in der Schule gezeigt wurde und können sich gleichzeitig über neue Gesetze, Regulierungen oder Vorschriften zur Sicherheit am Arbeitsplatz oder zur Risikoprävention informieren. Solche Änderungen sind für Berufsbildner oft nur schwer in Erfahrung zu bringen und in der täglichen Praxis umzusetzen.

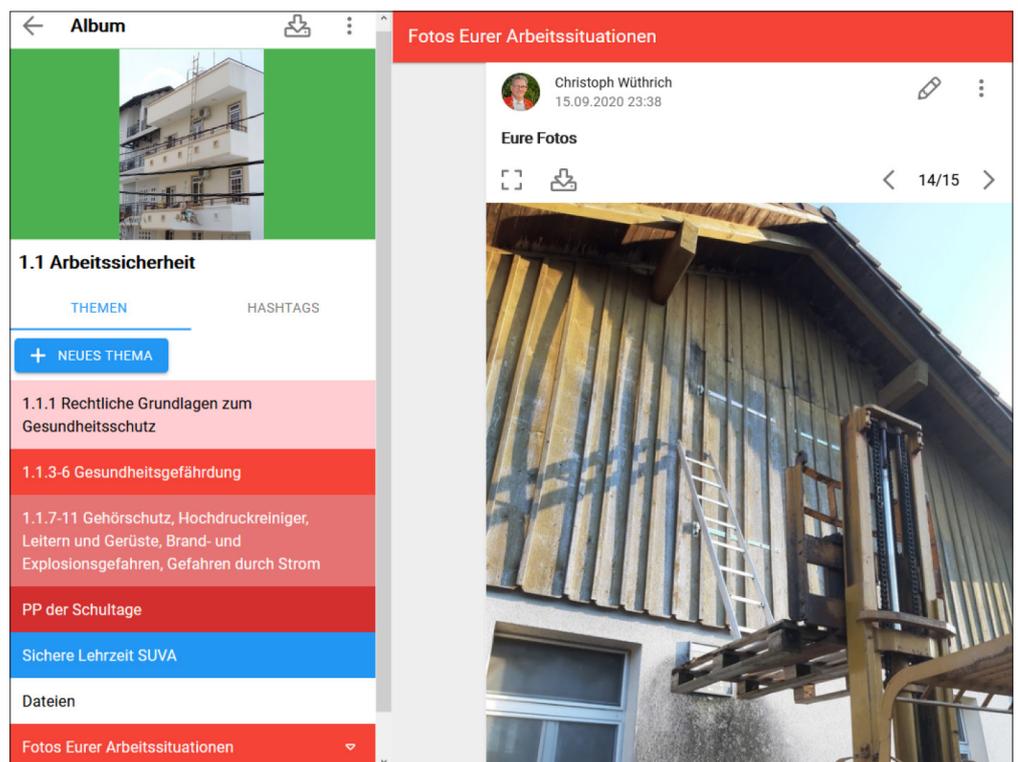


Abbildung 4-5 • Screenshot einer Unterrichtseinheit von Christoph Wüthrich zum Thema Arbeitssicherheit

Solche Aktivitäten vermitteln den Auszubildenden ein besseres Gespür für die Risiken und Gefahren, denen sie bei ihrer beruflichen Tätigkeit ausgesetzt sind, eine Kompetenz, die von ihren Berufsbildnern und den Inhabern des Ausbildungsbetriebs sehr geschätzt wird. Einige von ihnen befragen sogar ihre Auszubildenden, was in heiklen Situationen zu tun ist, oder benennen sie bei möglichen Kontrollen durch Arbeitsaufsichtsbeamte als «Betriebssicherheitsexperten.»

Was heisst das nun?

Ziel von Realto ist es, den Berufsbildungsakteuren eine einfache Möglichkeit zu bieten, regelmässig in Kontakt zu bleiben und – vielleicht sogar in Echtzeit – über die Anstrengungen zu erfahren, die anderenorts unternommen werden, um ihre «gemeinsamen» Auszubildenden auszubilden. Dies ist eine Herausforderung, da es die Beteiligung und das Engagement vieler Menschen mit unterschiedlichen Prioritäten und Bedürfnissen erfordert. Das Beispiel von Christoph Wüthrich zeigt, dass Zusammenarbeit möglich und sogar wertvoll ist, wenn die Partner verstehen und schätzen, welche Hilfe ein anderer Akteur nicht nur für die Ausbildung der Lernenden leisten kann, sondern auch für sie selbst bei ihren eigenen Aktivitäten.

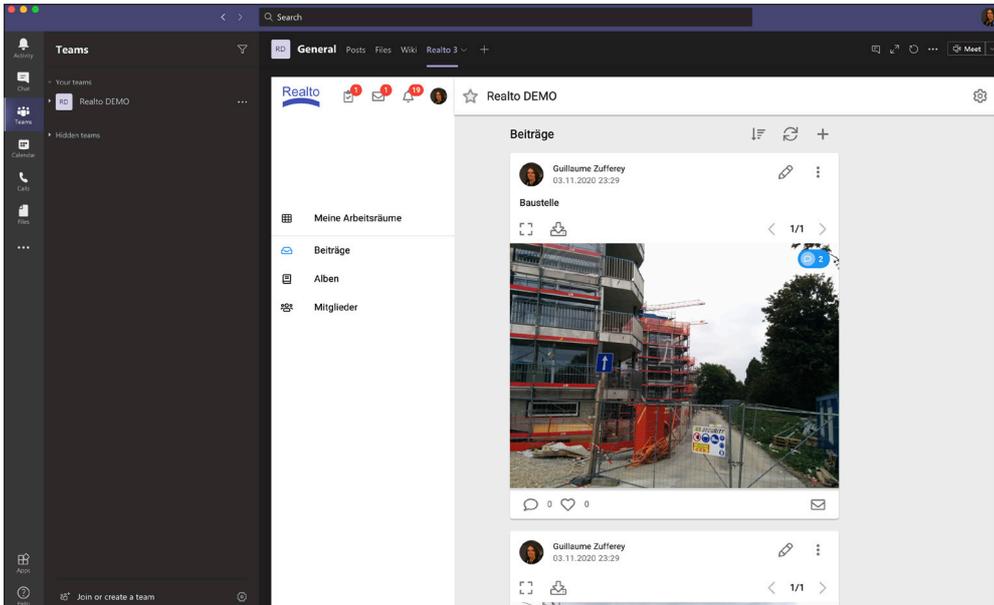


Abbildung 4-6 • Screenshot einer Aktivität, bei der Realto (in Weiss) in eine MS-Teamsitzung (in Schwarz) integriert ist. Über eine in MS Teams integrierte Schaltfläche (Realto 3, oben Mitte) gelangt man ganz einfach zu Realto.

Anders als die auf die Bedürfnisse eines bestimmten Berufsstandes zugeschnittene e-DAP (Kapitel 3) ist Realto leicht auf die Bedürfnisse einer Vielzahl von Berufsgruppen übertragbar. Derzeit wird es regelmässig in 10 verschiedenen Berufen von rund 1500 Auszubildenden, 250 Lehrenden und 250 Berufsbildnern im ganzen Land genutzt. Darüber hinaus sind die Themen Sicherheit und Risikoprävention in vielen Berufen zentrale Themen, und die Pionierarbeit von Wüthrich könnte als Basis für viele Aus- und Weiterbildungsprogramme und für Fachkräfte in unterschiedlichen Bereichen dienen. Kapitel 5 stellt eine weitere Entwicklung von Realto vor, die darauf abzielt, eine weitere weit verbreitete didaktische Praxis zu unterstützen: die Annotierung von Bildern und Videos vom Arbeitsplatz oder aus Quellen wie Zeitschriften oder dem Internet. Ihr Zweck liegt darin, die Aufmerksamkeit der Lernenden zu lenken, damit sie sich eine professionelle Sichtweise aneignen bzw. die für ihren Beruf typischen visuellen Codes, Zeichen und Symbole lernen.

Für den Informationsaustausch und die grenzüberschreitende Zugänglichkeit multilateraler Beiträge ist Realto natürlich nur eine Möglichkeit von vielen und leicht durch andere Kommunikationsplattformen wie unter anderem MS Teams oder Moodle zu ersetzen. Die Berufsbildungseinrichtungen haben vor Kurzem damit begonnen, MS Teams auf breiter Basis einzuführen. Aus diesem Grund wurde beschlossen, den direkten Zugang zu Realto über MS Teams zu ermöglichen (Abbildung 4-6). Für Lehrpersonen, die lieber andere Technologien nutzen, haben wir die Website eduscenarios.ch für Berufsbildungslehrer eingerichtet. Diese Website enthält 14 Schritt-für-Schritt-Beschreibungen von Erfahrungsraum-konformen Lernaktivitäten, die Lehrende für ihre Schülerinnen und Schüler anpassen können, sowie Tipps, wie man verschiedene Technologien (einschliesslich MS Teams und Realto) zur Unterstützung dieser Aktivitäten einsetzen kann. Unser Ziel ist es, Lehrenden Ressourcen zur Verfügung

zu stellen, die es ihnen erleichtern, die Kluft zwischen Arbeitsplatz und Schule zu überbrücken, indem sie Erfahrungsraum-konforme Aktivitäten in ihren Klassenräumen umsetzen.

Kapitel 5

Erfahrungen kommentieren: In Zusammenarbeit mit Bekleidungsgestaltern und weiteren Berufen

Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Valentina Caruso, Alessia Coppi

Die vorangegangenen Kapitel verdeutlichen die Bedeutung von Bildern in den Kommunikationssystemen verschiedener Berufe und ihr Potenzial für die Ausbildung von Berufseinsteigern. Doch wie wir aus verschiedenen Berufen erfahren haben, arbeiten Berufsbildnerinnen und Berufsbildner nicht nur gerne «mit» Bildern, sondern auch gerne «an» Bildern. In diesem Kapitel wird untersucht, wie Lerntechnologien ihnen dabei helfen können, dies zu vertiefen und wie Lehrpersonen für unterschiedliche Berufe Kommentare, Beschriftungen oder Vergleiche nutzen können, um die spezifische fachliche Perspektive der Auszubildenden zu fördern.

Wir wissen, wie wichtig visuelle Informationen für den Menschen sind. Auch aus psychophysiologischer Sicht werden durchschnittlich etwa 50 % der Gehirnressourcen für die ständige Selektion, Verarbeitung und Interpretation visueller Informationen verwendet. Hinzu kommt, dass wir alle in einer visuell geprägten Gesellschaft leben. Wir sind umgeben von Bildern, ob statisch oder bewegt. Viele soziale Netzwerke – Flickr, Picasa Pinterest, Instagram – sind auf den Austausch von Bildern spezialisiert. Plattformen wie YouTube erscheinen ständig auf dem Podium der meistbesuchten Internetseiten und die meisten unserer täglichen Kommunikationstools wie WhatsApp ermöglichen es uns, Bilder zu verändern und mit ihnen zu interagieren.

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir beobachtet, wie Lehrende solche Bilder mit Köchen, Bäckern und Malern nutzen und mit ihren Auszubildenden besprechen. Wir haben oft festgestellt, dass ein Bild, das einem Laien unbedeutend erscheint mag, für einen Profi oft interessante und bedeutsame Details enthält. Lehrende können die Lernenden auf diese Details aufmerksam machen und so eine berufsspezifische Betrachtungsweise der Bilder fördern.

Ausserdem haben wir mehrfach gesehen, dass Lehrende Bilder, die kommentiert werden sollen, weiter verarbeiten, indem sie diese beispielsweise in eine Power-Point-Präsentation einfügen, sie dann um Beschriftungen, Markierungen, Notizen oder andere Hinweise ergänzen und so eine Art visuelle Zusammenfassung der zu erlernenden technischen Informationen erstellen. In der Sprache des Erfahrungsraums würden wir sagen, dass in diesen Fällen «rohe Artefakte» durch Hinzufügen von sukzessiven Informationsschichten «ergänzt» werden, z. B. durch die Konzentration auf relevante Informationen oder durch die Integration von Kommentaren und Analysen von Community-Mitgliedern oder durch Hinzufügen von theoretischem Wissen zu praktischen Erfahrungen als Ergebnis einer von dem oder der Lehrenden geleiteten Diskussion.

Diese beiden allgemeinen Überlegungen haben uns dazu veranlasst, zwei verschiedene Themen zu vertiefen: zum einen die Art der Beobachtung (professionelles Sehen) und zum anderen die Art und Weise, wie die Fähigkeit zur Beobachtung verbessert werden kann (Annotation).

Beobachtung als Berufspraxis

1994 veröffentlichte Charles Goodwin ein Papier, das schlicht mit «professional vision» betitelt war. Es bezog sich auf die Art und Weise, wie Fachleute berufsspezifische visuelle Praktiken beherrschen: «Professional vision refers to «socially organised ways of seeing and understanding events that are answerable to the distinctive interest of a particular group.» («Professionelles Sehen meint «sozial organisierte Sichtweisen und das Verstehen von Ereignissen, die dem besonderen Interesse einer bestimmten Gruppe gerecht werden.») (Goodwin, 1994, S. 606). Mit anderen Worten,

visuelle Praktiken – einschliesslich Aktionen wie Kodieren, Hervorheben und Produzieren von praxisbezogenem Bildmaterial – sind kontextgebunden und berufsspezifisch. Valentina Caruso und Alessia Coppi, zwei Mitarbeiterinnen, die im Rahmen des Dual-T-Projekts zu diesem Thema promoviert haben, haben diese Definitionen in ihrer Dissertation (Caruso, 2017; Coppi, 2021) dokumentiert. Sie übernahmen die Goodwin-Definition, um zu untersuchen, wie Beobachtung innerhalb einer Berufsgemeinschaft stattfindet. Dabei berücksichtigten sie umfangreiche Literatur, die ein ähnliches Konzept auf die Lehrerausbildung anwendet. In diesem Fall wurde von «Noticing» gesprochen (z. B. Seidel & Stürmer, 2014; Sherin et al., 2011; Stürmer, et al., 2013; van Es et al., 2017), was eine zweiseitige Kompetenz bedeutet: einerseits die Fähigkeit, relevante Details eines beobachteten Phänomens zu erkennen, indem man seine Aufmerksamkeit effektiv darauf lenkt und fokussiert; andererseits die Fähigkeit, Verbindungen zwischen den beobachteten Elementen und dem eigenen Wissen herzustellen, um das Beobachtete sinnvoll reflektieren und dementsprechend entscheiden zu können, wie man darauf reagiert. Wir betonen diese Prämissen, weil sie mit unserem pädagogischen Modell – und unseren damit verbundenen Forschungsaktivitäten – verknüpft sind. Was wir hier erkennen, ist eine Art dreigliedrige Aktivität, denn wir brauchen einen objektiven Bezugspunkt (sammeln: Visualisierung), wir müssen ihn explizit identifizieren (präparieren: Wahrnehmung und Beschreibung) und können dann eine Erklärung und Vorhersagen ableiten (auswerten: (kognitiv und gesellschaftlich bedingte) Reflexion). Diese drei Elemente erkennen wir an den Beispielen, die wir in diesem Kapitel vorstellen.

Beginnen wir mit unserer Geschichte. Wir werden uns zunächst mit den Bekleidungsdesignern beschäftigen und damit, wie und was sie beobachten. Dann schauen wir uns die Unterrichtsmittel an, mit denen wir den Auszubildenden im Bekleidungsdesign das Beobachten nach unserem Modell beigebracht haben.

Wie unterscheidet sich die Beobachtung von Experten und Neulingen in der Berufsbildung?

Bei der Beobachtung haben mehrere Wissenschaftler untersucht, ob Experten und Neulinge bei der Berufsausübung gleich vorgehen. In den letzten Jahren wurde dies durch die Verfügbarkeit von Eye-Tracking-Technologien und -Techniken verstärkt, die es ermöglichen, der Blickrichtung eines Subjekts zu folgen und sie zu verfolgen. Von diesen Studien haben mehrere Berufsfelder profitiert, wobei man sich stets auf Büroangestellte konzentrierte. Das heisst, der beruflichen Bildung wurde wenig oder gar keine Aufmerksamkeit geschenkt. Dies ist völlig unerklärlich, wenn man bedenkt, dass Beobachtungsfähigkeiten für viele handwerkliche und industrielle Berufe von zentraler Bedeutung sind. Dies wurde uns auch durch die Analyse mehrerer Berufsbildungspläne bestätigt. Unsere Aufmerksamkeit richtete sich anfangs auf Bekleidungshersteller oder Bekleidungsdesigner.

Im Modedesign ist eine gute Beobachtungsgabe wichtig, weil sie den Designerinnen und Designern hilft, ein Kleidungsstück genau zu analysieren und so letztlich ein gutes Produkt zu kreieren. Bei der Kreation und Reproduktion neuer Kleidungsstücke müssen Modedesigner bestimmte visuelle Informationen identifizieren, die in der Regel durch ein Bild oder durch die spezifische technische Zeichnung, das «Schnittmuster», dargestellt werden.

In der ersten Studie (Caruso et al., 2017) haben wir eine Gruppe von zehn Lehrenden und eine Gruppe von 71 Auszubildenden gefragt, auf welche relevanten visuellen Informationen sie bei der Analyse und Gestaltung von Kleidung achten. Wir betrachteten Lehrende als Fachleute, weil Modedesign-Schulen auch als Unternehmen agieren, die Kleidung für externe Kunden fertigen, und weil die beteiligten Lehrenden immer noch Fachleute sind oder waren. Die Ergebnisse zeigen, dass Bekleidungsdesigner bei der Betrachtung von Kleidungsstücken drei Hauptarten visueller Informationen berücksichtigen: (1) die Details und Schnittmuster, die für die Reproduktion der Kleidung erforderlich sind; (2) die Mängel bei der Herstellung, Qualität und Tragbarkeit; und (3) die Körpereigenschaften der Kunden. Das Ausmass, in dem Anfänger und Experten diesen drei Kategorien Aufmerksamkeit schenken, unterscheidet sich allerdings bei den beiden Gruppen. Bevor wir zu diesem Punkt Stellung neh-

men, wollen wir noch ein zweites Element hinzufügen: Um mögliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen quantifizieren zu können, haben wir sie einen Test absolvieren lassen. Wir zeigten den Teilnehmenden einen Satz von zehn Bildern, die mehrere Fehlerkategorien enthielten, und baten sie, eine Tabelle auszufüllen, in der sie für jedes Bild (1) die ermittelten Fehlerkategorien, (2) eine Fehlerbeschreibung und (3) die möglichen Korrekturen angeben sollten. Wie sich zeigte, gab es bei der Betrachtung von Kleidungsstücken nicht nur erhebliche Unterschiede zwischen Lehrenden und Lernenden, sondern auch innerhalb der Gruppe der Lernenden – je nach Schuljahr, in dem sie sich befanden: Die Fortgeschrittenen verhielten sich eher wie die Experten (statistische Daten siehe Tabellen 5-1 und 5-2 im Anhang).

Das Gesamtbild ist in Abbildung 5-1 dargestellt. Bei der Betrachtung berufsbezogener Bildinformationen konzentrierten sich die Lehrerinnen und Lehrer auf die Identifikation von Details und Schnittmustern für die Herstellung von Kleidung und die mentale Demontage des Bildes; sie nutzten ihre Vorkenntnisse, um das Beobachtete zu verstehen und den notwendigen Arbeitsablauf vorausszusagen. Die Lernenden dagegen konzentrierten sich auf das Erkennen potenzieller Mängel in der fertigen Kleidung. Aufgrund ihrer begrenzten technischen Kenntnisse hatten sie vor allem leicht erkennbare Elemente wie Mängel im Blick, was sie daran hinderte, andere – relevantere – Informationen (z. B. unterschiedliche Schnittmuster) zu erkennen oder diese Informationen mit den spezifischen Schritten zu verknüpfen, die in der Praxis zur Herstellung eines Kleidungsstücks erforderlich sind.

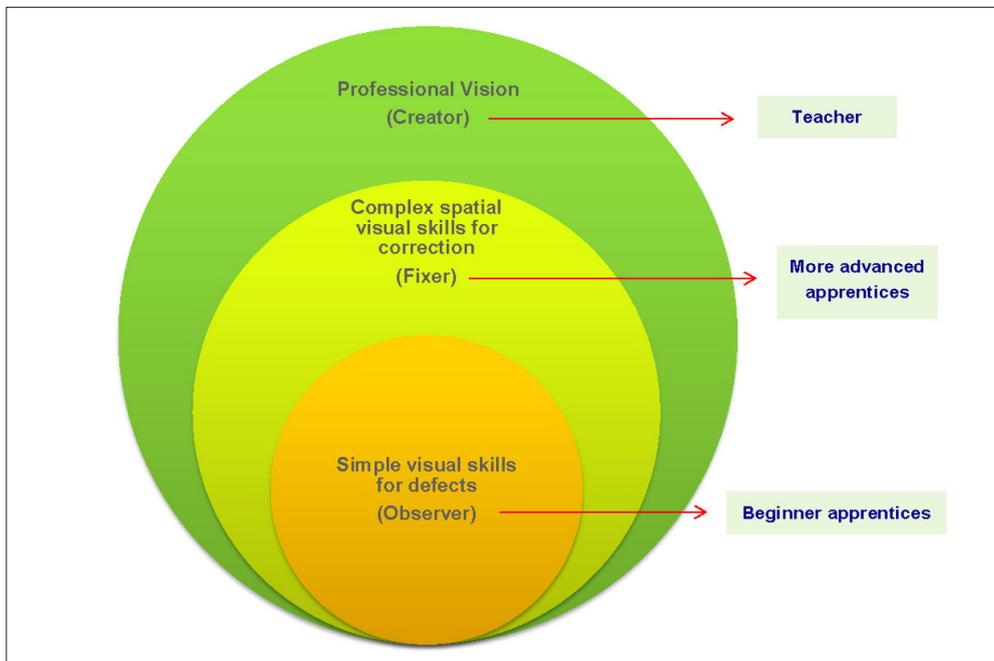


Abbildung 5-1 • Wie sich die Beobachtungsgabe von Modedesignerinnen und -designern entwickelt

Die professionelle Betrachtung von Kleidung ist ein ganzheitlicher Prozess, der komplexe kognitive Fähigkeiten beinhaltet. Anfänger können nur Mängel feststellen, aber noch nicht ihre Ursache. Im Laufe ihrer Ausbildung beginnen sie jedoch, über Korrekturen nachzudenken, um die Probleme zu beheben.

Entscheidend für das professionelle Sehen von Bekleidungsdesignern ist zudem die Fähigkeit, eine dreidimensionale Form (das Kleidungsstück) in ein zweidimensionales Bild (das Schnittmuster) zu transformieren und umgekehrt. Diese höchst spezifischere Fähigkeit unterscheidet die Experten von den Anfängern.

Wie lässt sich die Beobachtungsgabe am besten entwickeln?

Obwohl es sich um ein klares Ziel der Ausbildung handelt, ist weder in der Ausbildungsordnung der Bekleidungsdesigner noch in den Curricula anderer Berufsgruppen eindeutig festgelegt, wie die Auszubildenden diese Fertigkeiten erwerben sollen. Daher neigen die Lehrenden dazu, ihre eigenen Materialien und Strategien zu entwickeln, um dieses Ziel zu erreichen. Dies haben wir mit einigen Lehrenden intensiver diskutiert und untersucht, welchen Beitrag Lernwissenschaften und Lerntechnologien leisten können, um das Potenzial dieser Strategien und Materialien zur Entwicklung des professionellen Sehens bei Auszubildenden zu steigern. Die folgenden drei Beispiele veranschaulichen das Ergebnis dieser Zusammenarbeit.

Den theoretischen Hintergrund bildeten die einfachen, aber wirkungsvollen Prinzipien der Lernwissenschaften, wie das Signalisierungsprinzip der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens von Mayer (2001, 2014) und das bereits erwähnte Prinzip der kontrastierenden Fälle von Bransford et al. (2000). Gemäss ersterem haben wir ein Experiment mit einem Eye-Tracking-Tool (Coppi et al., 2021) durchgeführt, um zu ermitteln, wie effektiv visuelle Hinweise die Aufmerksamkeit der Lernenden auf bestimmte Elemente eines Kleidungsstücks lenken. Obwohl unsere feingranularere Hypothese nicht vollständig bestätigt wurde und einige Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Art der Studie, die in einem realen Schulkontext durchgeführt wurde, bestanden, konnte ein allgemeiner Effekt der visuellen Hinweise bestätigt werden.

Beispiel 1. Bild-Annotation bei Bekleidungsdesignern

Bei der weiteren Zusammenarbeit mit Bekleidungsdesignerinnen und -designern haben wir uns zunächst einige ihrer Aktivitäten in der Schule angesehen und zwei gängige Vorgehensweisen bei der Analyse von Kleidungsstücken und deren Schnittmustern identifiziert. Gemeinsam mit Prisca Cattani, Lehrerin an der Schule von Viganello, und Sabrina Solari, Lehrerin an der Schule von Biasca, besprachen wir dann, wie diese Aktivitäten von der Technologie profitieren könnten. Gemeinsam entwickelten wir zwei von Realto unterstützte Szenarien, um sie mit den herkömmlichen Vorgehensweisen zu vergleichen (Abbildung 5-2).

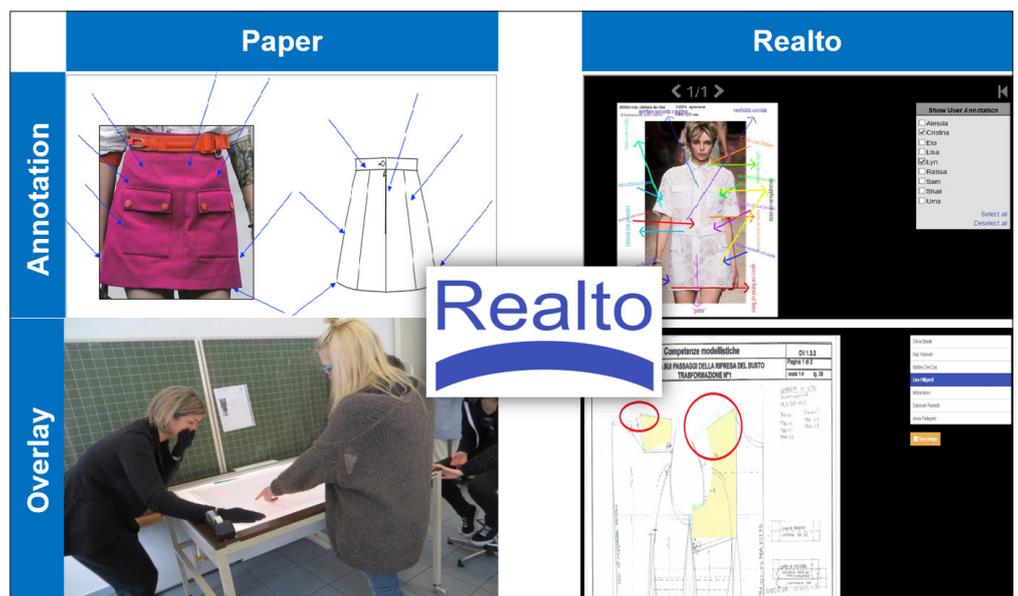


Abbildung 5-2 • Beispiele für Aktivitäten, die vor allem die Beobachtungsgabe von angehenden Bekleidungsdesignern fördern sollen: mit Realto oder nur mit Papier.

Inhalt des ersten Szenarios war das *Überlagern (Overlay) von Schnittmustern*. Dieses Szenario nutzen Prisca und Sabrina bereits mit Papier und Bleistift. Dabei werden die Studierenden gebeten, ein Rockmuster individuell an die Bedürfnisse eines hypothetischen Kunden anzupassen. Die Schnittmuster der Schülerinnen und Schüler werden dann auf Folien gedruckt und auf einen Leuchttisch projiziert, um den sich die Lernenden versammeln können. Das von der Lehrperson erstellte Schnittmuster dient dabei als Hintergrundvorlage, sodass die Lernenden Fehler erkennen, kommentieren und darüber diskutieren können, wie sich die Fehler korrigieren lassen und wie man den Wünschen der Kunden nachkommt. In dieser Version der Aktivität können maximal zwei bis drei Zeichnungen überlagert werden. Der Lehrende muss die überlagerten Zeichnungen ständig ändern, sobald neue Ideen diskutiert werden. Wir beschlossen, das gleiche Szenario mit Realto umzusetzen. Die Schülerinnen und Schüler erhielten die gleiche Aufgabe, aber anstatt ihre Ergebnisse physisch der Lehrperson zu übergeben, reichten sie ihre Schnittmuster online auf Realto ein. Realto machte die Schnittmuster dann automatisch halbtransparent. So konnte die Lehrperson sie der Klasse anzeigen und dabei einzelne Muster ein- oder ausblenden, indem sie in der Namensliste rechts auf dem Bildschirm jeweils die Person anklickte, die das Muster erstellt hatte (siehe Abbildung 5-2, unten rechts).

Im zweiten Szenario geht es darum, verschiedene Teile eines Kleidungsstücks (z. B. Rock oder Hose) zu kennzeichnen und die im Bild feststellbaren Herstellungsfehler zu identifizieren. In der Papier-und-Bleistift-Version erhalten die Schülerinnen und Schüler zwei Abbildungen eines Kleidungsstücks (Vorder- und Rückseite) auf Papier und müssen zunächst jedes Teil des Kleidungsstücks mit einem Farbstift beschriften, um dann mit Pfeilen, Kreisen und Text eventuelle Herstellungsfehler aufzuzeigen. Der oder die Lehrende kann mit einem Beamer das kommentierte Bild einzelner Lernender der gesamten Klasse zeigen, um das Kleidungsstück mit den Lernenden zusammen zu analysieren und dabei ihre Beobachtungen zu lenken. Bei der Papier-Bleistift-Lösung können die Lehrenden nur jeweils ein Blatt zeigen, während die Realto-basierte Lösung die gleichzeitige Überlagerung mehrerer kommentierter Bilder auf dem Klassenbildschirm ermöglicht. Der oder die Lehrende kann dann der gesamten Klasse die Arbeit einer einzelnen Schülerin oder eines Schülers anzeigen oder ausblenden, indem er oder sie den jeweiligen Namen im Kästchen rechts markiert. Die ausgewählten Arbeiten/Lagen werden übereinander angezeigt, sodass die entsprechenden Anmerkungen möglicherweise auf dem gleichen (resultierenden) Bild erscheinen (Abbildung 5-2, oben rechts).

Beide Aktivitäten wurden in sieben verschiedenen Klassen von zwei verschiedenen Schulen durchgeführt. Soweit möglich, wurden die Aktivitäten zur Analyse auf Video aufgezeichnet. Insgesamt (Einzelheiten siehe Caruso et al., 2017) zeigten die Daten, dass die Lernenden bei der Verwendung von Realto häufiger spontane Beobachtungen äusserten und sich insgesamt aktiver und spontaner an der Aufgabe beteiligten als bei der Verwendung von Papier und Bleistift (statistische Ergebnisse siehe die Tabellen 5-3 und 5-4 im Anhang).

Darüber hinaus konnten wir anhand von Interviews mit Lehrenden und Lernenden die wahrgenommenen Vorteile des Einsatzes von Realto ermitteln. Für die Lehrenden waren dies: (1) Förderung kreativer Lehrtätigkeiten, was mit anderen «generischen» Technologien in der Regel nicht möglich ist, (2) einfachere und effektivere Unterstützung der Aufgabenkorrektur, wodurch Zeit gespart wird, (3) Fokussierung der Aufmerksamkeit der Schüler durch die Hinweisfunktionen des Annotation-Tools, (4) Einbeziehung der Lernenden in verschiedene visuelle Aktivitäten und (5) Verbesserung der Qualität der Lehrmaterialien.

Die Schülerinnen und Schüler schätzten vor allem die Möglichkeit, durch Teilen und Sehen zu lernen, sofortiges visuelles Feedback zu erhalten und ihre auf der Plattform gespeicherten Lernmaterialien leicht überprüfen zu können.

Nach diesen Aktivitäten setzten die Bekleidungsdesignerinnen und -designer Realto weiterhin eigenständig ein, wobei schrittweise die Nutzung der Lern- und Leistungsdokumentation integriert wurde (siehe Cattani, 2021; Basile, 2021 für zusätzliche Lernaktivitäten in der Schule).

Beispiel 2. Bild-Annotation mit Kosmetikerinnen

Eine zweite Erfahrung fand im Berufsfeld der Kosmetikerinnen und Kosmetiker statt, wo die Beobachtungsgabe ebenfalls eine grosse Rolle spielt. Kosmetikerinnen müssen lernen, Hautanalysen durchzuführen, um die meisten Hautkrankheiten erkennen und richtig behandeln zu können. Sie müssen auch schwere Anomalien, die eine medizinische Intervention erfordern, von leichten Anomalien unterscheiden. Bei der Betrachtung einiger ihrer Unterrichtseinheiten stellten wir wiederum fest, dass einige der Aktivitäten, die bereits im normalen Unterricht durchgeführt wurden, durch den Einsatz von Realto – durch visuelle Hinweise – verbessert werden könnten, wobei auch hier Anmerkungen und Bildbeschreibung kombiniert werden (die Beschreibung als ersten Schritt einer tiefer gehenden, reflektierenden Analyse haben wir ja bereits angesprochen). Im Hinblick auf die Aktivitäten, die in der Schule für Bekleidungsdesigner gefördert wurden, konnten wir eine längere und artikuliertere Behandlung vorbereiten und in einem Lernszenario besser zwischen Anmerkungen, die Lehrende im Unterricht machten, und Anmerkungen, die direkt von den Lernenden gemacht wurden, unterscheiden. Fast ein ganzes Semester lang schlugen Claudia Berri und Luisa Brogginì Aktivitäten für eine ganze Klasse vor, die als Versuchsgruppe diente. Ihr Unterricht, den sie mit Realto durchführten, gliederte sich in drei Hauptphasen: (1) Sie präsentierten den Lernenden in Realto hochgeladene Bilder von Hautanomalien und kommentierten sie direkt (z. B. mit Kreisen und Pfeilen), um zu erklären, wie man bestimmte Anomalien erkennt und von ähnlichen unterscheidet; (2) Sie baten die Lernenden, einen zweiten Satz Bilder unter Einsatz von Realto zu kommentieren und für jedes Bild eine professionelle Beschreibung zu verfassen; (3) Sie zeigten schliesslich der Klasse die Anmerkungen der Lernenden (siehe Abbildung 5-3) – ebenfalls mithilfe der Realto-Funktion, die es erlaubt, mehrere Bilder zu überlagern (siehe oben) – und korrigierten sie gemeinsam mit ihnen.

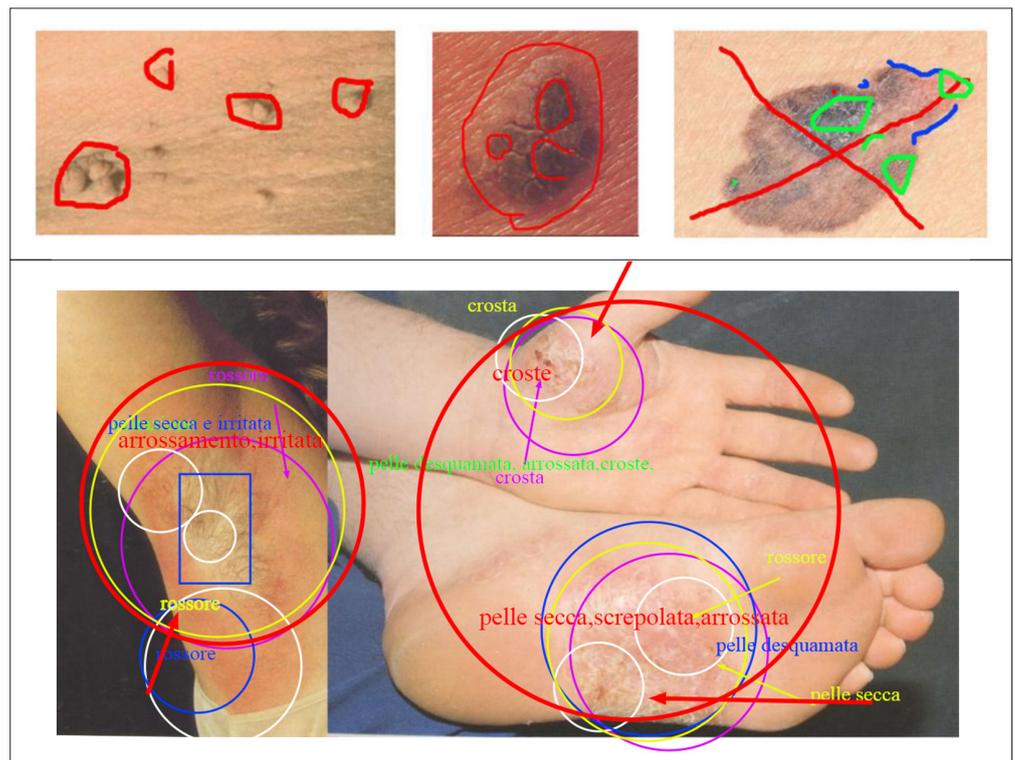


Abbildung 5-3 • Überlappende Anmerkungen von Lehrenden (oben) und von Lernenden (unten).

Anders als bei der Ausgangsgruppe, die sich nur Bilder ohne Anmerkungen angeschaut hatte, zeigte sich, dass der Realto-basierte Ansatz die Schülerinnen und Schüler beim Verfassen besserer und längerer Beschreibungen unterstützt. Die Lernenden empfanden auch die Verwendung von Anmerkungen und Beschreibungen als sehr leistungsfähiges und nützliches Instrument zur Entwicklung ihrer Beobachtungsgabe, ohne jedoch zwischen der Effektivität der Anmerkungen der Lehrenden und den eigenen, selbst erstellten Anmerkungen zu unterscheiden (weitere Einzelheiten siehe Coppi & Cattaneo, 2021).

Beispiel 3. Berufsübergreifende Video-Annotation

Bisher haben wir uns nur mit Bildern beschäftigt. Anmerkungen können aber auch sehr fruchtbar sein, wenn sie auf Videos angewendet werden, vor allem, um die Detailgenauigkeit des Videos zu reflektieren (Evi-Colombo et al., 2020).

Bereits in einer früheren Phase von Dual-T hatten wir die Video-Annotation in einem Dutzend Klassen von Büroangestellten genutzt (siehe Cattaneo & Boldrini, 2016). Die Klassen wurden gebeten, Kundenberatungen zu simulieren und sie per Video aufzuzeichnen. Dann mussten sie ihre Videos ansehen und angeben, was sie als schlechte Beratungspraxis betrachteten (Auswertung durch Reflexion). Dank dem Einsatz des von uns zur Verfügung gestellten Tools für die Video-Annotation konnten sie diese Passagen direkt auf dem Film markieren. Die Studie sollte zeigen, wie effektiv das Lernen aus Fehlern im Vergleich zum ausschliesslichen Lernen aus der Analyse des richtigen Verhaltens ist. Das Ergebnis war positiv und weitere, ähnliche Erfahrungen wurden in verschiedenen Bildungsverläufen gefördert.

Annotationen sind nach einer restriktiveren Definition nur schriftliche Ergänzungen; Video-Annotationen sind dagegen nach einer umfassenderen Definition als ein Prozess zu verstehen, in dem ein Video mit zusätzlichem Material angereichert wird – beispielsweise mit Hyperlinks zu einem Hypervideo (Cattaneo et al., 2018; Sauli et al., 2018). In diesem Sinne wollen wir kurz zwei weitere Erfahrungen erwähnen: die erste bezieht sich auf angehendes Krankenpflegepersonal, die zweite auf Kochlehrlinge. Im ersten Fall sollte gelernt werden, wie man einen Blasenkatheter legt. Um die Erfahrungen festzuhalten, filmten wir die an Schaufensterpuppen simulierte Praxis. Im zweiten Fall produzierten einige Auszubildende an ihrem Arbeitsplatz authentische Videos, die als Grundlage für ein Klassenszenario dienten. Die Videos beschäftigten sich mit dem Thema «Einfache Cremes». In beiden Fällen arbeiteten die Lernenden in Gruppen, um das Rohvideo zu ergänzen und ein Hypervideo zu erstellen, das alle wichtigen Informationen für das Erlernen des Verfahrens und die konkrete Ausführung zu erlernen. Für das Krankenpflegepersonal hatten wir eine echte Kontrollgruppe, für die Köche nicht. Sämtliche Spezifikationen sind hier zu finden: Evi-Colombo et al. (2021) und Gianetti (2021). Wichtigstes Ergebnis ist hier die hohe Wirksamkeit dieses Learning-by-Design-Ansatzes für das Lernen.

Durch unsere fachübergreifende Arbeit haben wir herausgefunden, dass Bild-Annotationen in didaktischen Situationen vor allem drei Funktionen erfüllen: (a) die *Hervorhebung* einer Besonderheit eines Objekts, Werkzeugs oder einer Situation, die durch das Bild dargestellt wird, (b) die *Beschriftung*, um das Verständnis und das Auswendiglernen durch die Betrachtenden zu erhöhen, und (c) die *Beobachtungsgabe* der Betrachtenden zu schulen, damit sie die sachgerechte, berufsspezifische Betrachtungsweise erlernen.

Anmerkungen zum Hervorheben von Besonderheiten einer bestimmten Situation oder eines bestimmten Elements **und die Aufmerksamkeit des Betrachters** auf einen bestimmten Punkt im Bild zu **lenken**. Diese Funktion wurde insbesondere von Lehrenden genutzt, die sich mit den spezifischen Problemen eines Kleidungsstücks auseinandersetzen wollten (Bekleidungsdesigner), um die Lernenden auf frühe Anzeichen einer bestimmten Krankheit aufmerksam zu machen (Kosmetikerinnen und Gartenbauer) oder auf ein potenzielles Risiko bei einem Bauprojekt (Strassenbauer). Wir sind jedoch davon überzeugt, dass diese Funktion auch in vielen anderen beruflichen Bildungssituationen genutzt werden könnte. Die Lehrpersonen könnten die Bilder, die den Lernenden gezeigt werden, entweder selbst kommentieren oder

die Lernenden bitten, die ihnen vorgelegten Bilder mit Anmerkungen zu versehen, was einen gleichwertigen Einfluss auf das Lernen und die Motivation der Lernenden hat (Coppi & Cattaneo, 2021).

Natürlich kann man die Annotationsfunktion auf allen Bildern in allen Formaten ausführen, wobei das Bild nicht auf einem Bildschirm dargestellt oder die Aktivität auf einem bestimmten technischen Träger ausgeführt werden muss. Jede Zeichnung oder jedes Foto kann als Grundlage für eine solche Tätigkeit dienen. Man muss es nur kopieren und an die Lernenden verteilen. Die Lehrpersonen, mit denen wir zusammengearbeitet haben, erkannten jedoch, dass der Einsatz von Technologie grösseres didaktisches Potenzial hat und sehr viel zeit- und kostensparender ist als die Verwendung von Papier und Bleistift. Dank der Technologie können die von den Schülern kommentierten Bilder auf im Klassenraum auf eine Leinwand projiziert, übereinander gelegt und überzeugender miteinander verglichen werden, da man die Arbeiten der einzelnen Lernenden aus- und abwählen kann, um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede hervorzuheben.

Anmerkungen erleichtern das Verständnis und regen das Erinnern an. Diese Funktion wird von den Lehrenden häufig genutzt, indem sie entweder selbst die einzelnen Teile eines abgebildeten Gegenstands oder die Elemente einer bestimmten Situation beschriften oder die Lernenden dazu auffordern, ein ihnen gezeigtes Bild entsprechend zu beschriften. Diese Tätigkeit wird von den Lehrenden als gewinnbringende Möglichkeit angesehen, den Erwerb der Fachbegriffe anzuregen, die es in jedem Beruf gibt und die alle Fachleute beherrschen sollten; sie stellt aber auch eine gute Möglichkeit dar, Muster zu erkennen und das technische Denken der Lernenden zu verbessern. Anstelle von Begriffen verlangten die Lehrenden manchmal eine Beschriftung mit Nummern, um anzugeben, in welcher Reihenfolge die abgebildeten Teile montiert (Bauarbeiter) oder zusammengenäht werden (Bekleidungsdesigner). In einigen Fällen mussten die Beschriftungen mit Pfeilen versehen werden, die beispielsweise die Fließrichtung des Wassers (Klempner) oder die Drehung einer Riemenscheibe (Automechaniker) angeben.

Auch für diese Kommentare ist keine Technologie erforderlich. Der Einsatz von Technologie erweitert jedoch das Potenzial solcher Aktivitäten, so die Lehrenden: So kann man beispielsweise das im Bild dargestellte Objekt auf dem Bildschirm rotieren lassen, wobei sich die Beschriftungen entsprechend mitbewegen, oder man kann im Film eine sich entwickelnde Situation kommentieren. Wenn die Aufgabe darin besteht, vorherzusagen, in welche Richtung etwas fließt oder sich eine Riemenscheibe dreht, schlägt die Technologie wieder das Papier, indem sie es den Schülern ermöglicht, durch die Animation oder indem sie das Video abspielen, ein direktes Feedback über die Gültigkeit ihrer Vorhersage zu erhalten.

Anmerkungen zur Schulung der Beobachtung (berufsspezifisch). In gewisser Weise ist diese dritte Funktion der Annotation das Endziel, auf das sich die anderen beiden Funktionen hinbewegen. Wir haben gelernt, dass die Verwendung von Bildern letztlich die Beobachtungskompetenz der Lernenden beeinflusst und das professionelle Sehen fördert; d. h. die eher naive Betrachtungsweise der Berufsneulinge wandelt sich zu der von Fachleuten, die bei der Ausübung ihres Berufs eine Abbildung oder ein Objekt betrachten. Hautprobleme zeigen sich an bestimmten Stellen des menschlichen Gesichts oder Körpers besonders häufig. Aber nur auf diese Stellen zu schauen, ist keine Garantie, dass kein gefährliches Hautproblem entsteht. Professionelle Bekleidungsdesigner wissen auch sehr wohl, dass die Ursache für den fehlerhaften «Fall» eines Kleides oder einer Hose womöglich ganz woanders liegt. Die Möglichkeit, genau zu bestimmen, wie ein Kleidungsstück hergestellt wurde oder welche Ursachen eine bestimmte Krankheit hat, hilft der Fachperson, ihre Aufmerksamkeit nicht nur auf die kritischen Punkte zu richten, sondern auf das gesamte Kleidungsstück oder auf den gesamten Körper des Patienten.

Was heisst das nun?

Dieser Teil des Dual-T-Projekts bestätigte, dass Beobachtung professioneller gestaltet und geformt werden kann und dass die Bild-Annotation – vor allem die durch geeignete Lerntechnologien, wie sie von Realto zur Verfügung gestellt werden, unterstützte Annotation – in vielen Berufsfeldern einen entscheidenden Beitrag dazu leisten kann.

Natürlich könnten Berufsanfänger wahrscheinlich lernen, ihre naive Sichtweise abzulegen, indem sie sich viele Fotos, mit oder ohne Anmerkungen eines Profis, ansehen. Auch hier hat sich der Einsatz von Technologien als motivierender und effizienter erwiesen als die bloße Bereitstellung von Fotos. Dass Lernende regelmässig ihre eigene Sicht mit der ihrer Lehrenden oder ihrer Klassenkameraden vergleichen können, dass sie auf bestimmte Aspekte einer Abbildung zoomen oder diese verkleinern können, um einen Gesamteindruck von der Kleidung oder der Körperform ihres Kunden zu erhalten, wurde sowohl von den Lehrenden als auch von den Schülern als ein leistungsfähiges didaktisches Instrument geschätzt, das Lernenden hilft, die professionelle Sichtweise für ihr jeweiliges Fachgebiet zu erwerben und zu festigen.

Da der Erwerb einer professionellen Sichtweise in vielen Berufen und Branchen eine entscheidende Fertigkeit ist, die es zu meistern gilt, ist die Entwicklung von Werkzeugen, die annotationsbasierte didaktische Szenarien bereichern, sicherlich eine Richtung, die bei der Reflexion über den Einsatz von Lerntechnologien in der Berufsbildung eingehend berücksichtigt werden sollte.

Anhang

Comparisons	Total Defect Mean Difference	SE	95% CI		Hedges' g
			LL	UL	
First-year vs Second-year	-.32*	.11	-.61	-.05	-0.52
First-year vs Third-year	-.03	.13	-.35	.30	-0.04
Second-year vs Third-year	-.31	.14	-.05	.66	0.53
First-year vs Teacher	-3.18*	.23	-3.8	-2.57	-4.48
Second-year vs Teacher	-2.87*	.23	-3.49	-2.22	-3.31
Third-year vs Teacher	-3.17*	.25	-3.82	-2.5	-4.2

* $p < 0.05$

Tabelle 5-1 • Bonferroni-Vergleiche der von den Teilnehmenden ermittelten Fehler (z-Scores)

Comparisons	Total Defect Mean Difference	SE	95% CI		Hedges' g
			LL	UL	
First-year vs Second-year	-.19*	.08	-.38	-.01	-0.52
First-year vs Third-year	-.34*	.08	-.55	-.13	-0.91
Second-year vs Third-year	-.15	.09	-.38	.08	-0.38
First-year vs Teacher	-3.69*	.17	-4.13	-3.23	-6.8
Second-year vs Teacher	-3.48*	.18	-3.95	-3.01	-5.42
Third-year vs Teacher	-3.35*	.18	-3.83	-2.86	-4.52

* $p < 0.05$

Tabelle 5-2 • Bonferroni-Vergleiche von Korrekturen (z-Scores), wie von den Teilnehmenden vorgeschlagen

Item	Condition	Frequency	Mean duration (seconds)	SD	t	df	Cohen's d	Total duration (seconds)
Student's Interjection	Paper	25	4.81	4.08	-1.13	46	-0.33	120.35
	Tech	23	6.29	4.95				144.59
Spontaneous Observation	Paper	28	2.89	1.50	-4.82*	66	-1.28	81.01
	Tech	40	13.96	12.05				558.35
Induced Observation	Paper	47	2.80	1.58	-5.86*	66	-1.25	131.79
	Tech	21	7.87	5.48				165.32
Teacher's Explanation	Paper	38	13.22	9.47	2.49*	66	0.62	502.09
	Tech	30	8.37	5.44				251.06

Tabelle 5-3 • Arbeit im Klassenraum: Overlay-Technik mit Papier und Bleistift bzw. mit Realto

Item	Condition	Frequency	Mean duration (seconds)	SD	t	df	Cohen's d	Total duration (seconds)
Student's Interjection	Paper	12	5.57	4.96	0.78	55	0.03	66.94
	Tech	45	5.46	4.30				245.98
Spontaneous Observation	Paper	3	6.00	4.26	-.312	10	-0.20	18.00
	Tech	9	6.79	3.65				61.09
Induced Observation	Paper	15	3.91	5.93	.181	25	0.08	58.55
	Tech	12	3.58	1.95				42.96
Teacher's Explanation	Paper	23	13.34	13.57	-.731*	54	-0.20	306.61
	Tech	33	16.11	14.29				531.62

Tabelle 5-4 • Arbeit im Klassenraum: Cueing-Technik mit Papier und Bleistift bzw. mit Realto

Kapitel 6

Erfahrungen lenken: In Zusammenarbeit mit Logistikern

Pierre Dillenbourg, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey

Bisher haben wir uns vor allem mit der Kluft bei der Vernetzung der verschiedenen Lernorte im dualen Berufsbildungssystem und unseren technologischen Ansätzen, diese Kluft zu überbrücken, befasst. Beginnend mit diesem Kapitel verlagert sich der Schwerpunkt auf eine weitere Lücke, die wir in der Berufsbildung identifiziert haben: die Qualifikationslücke. Wie bereits in der Einleitung beschrieben, ist das Qualifikationsdefizit eines der aktuellen Probleme des dualen Berufsbildungssystems. Viele Auszubildende empfinden die eher theoretischen Kenntnisse, die sie in der Schule erwerben, nicht als nützlich oder relevant für ihre Arbeit, und zwar auf der Grundlage dessen, was sie am Arbeitsplatz sehen, während viele der Fertigkeiten, die sie am Arbeitsplatz benötigen, in der Schule nicht erörtert werden. Natürlich ist es nicht unser Ziel, diese Qualifikationslücke zu schliessen, da dies entweder die Schule oder den Arbeitsplatz überflüssig machen würde. Unser Ziel ist es vielmehr, Technologien zu entwickeln, um diese Qualifikationslücke zu schliessen, indem wir den Lernenden helfen, Verbindungen zwischen dem, was sie in der Schule lernen, und dem Arbeitsplatz herzustellen. Idealerweise würden sie verstehen, warum die Dinge, die ihnen in der Schule präsentiert werden, für ihren Beruf sinnvoll sind, obwohl sie sie nicht mit dem verbinden können, was sie tatsächlich am Arbeitsplatz tun.

Diese Verschiebung von der Vernetzungslücke zur Qualifikationslücke ermöglicht es uns, die Zeit zurückzudrehen. Tatsächlich liefen die Projekte zur Schliessung der Vernetzungslücke und die Projekte zur Schliessung der Qualifikationslücke parallel. Wir gehen also zurück zu den Anfängen des Dual-T-Projekts und berichten darüber, wie wir die Qualifikationslücke entdeckten und mit der Entwicklung und Evaluierung von Technologien begannen, um sie zu überbrücken.

Ein etwas umständlicher Anfang

Haben Sie schon mal von Zufällen in der Forschung gehört? Zum Zeitpunkt der Antragstellung für dieses Leading House hatte unser ETH-Labor bereits interessante Ergebnisse betreffend Lernort-Awareness-Technologien und die Problemlösung im Team erzielt (Nova et al., 2005). Diesem Weg folgten wir bei der Beantragung der Finanzierung für dieses Leading House nach einer Ausschreibung des SBFI. Die Idee war, für die Auszubildenden eine Geo-Visualisierung der Waren- und Personenströme in einem typischen Lagerhaus zu entwickeln. Wir erhielten die Mittel, kamen aber ziemlich schnell von unserem ursprünglichen Plan ab. Warum? Da wir mit dem genannten beruflichen Umfeld nicht besonders vertraut waren, begannen Patrick Jermann und Guillaume Zufferey ihre Arbeit mit dem Besuch mehrerer Lagerhäuser, wo sie Auszubildende und ihre Chefs baten, ihre täglichen Aktivitäten zu beschreiben. Dank Michel Tatti, Leiter der Berufsfachschule in Yverdon (Waadt), konnten sie auch mehrere Lehrende interviewen: Zwei von ihnen – Jacques Kurzo und André Rysler – arbeiteten weiter an diesem Projekt mit.

Ein interessantes Ergebnis der Betriebsbesuche war, dass die Auszubildenden in kleinen Lagerhallen mit ein bis zwei Mitarbeitenden (z. B. Baustoffgrosshändler) häufiger mit logistischen Fragestellungen konfrontiert waren als die Auszubildenden in vollautomatisierten Lagern, wie sie z. B. in einigen Grossunternehmen betrieben werden. Die erste Gruppe hatte Gelegenheit, über Optimierungsprinzipien nachzudenken und versuchte, häufig verkaufte Waren in der Nähe der LKW-Lieferplattform zu lagern. Die zweite Gruppe scannte vor allem die Codes für die ein- und ausgehenden Waren ein. Technologie kann bekanntlich auch einen möglichen Verlust von Fertigkeiten bewirken.

Die Optimierung der Lagerhaltung ist eine Fertigkeit, die sich Logistikassistentinnen

und -assistenten aneignen müssen (dies ist ein Ziel der Bundesverordnung). Sie praktizieren sie jedoch nur selten am Arbeitsplatz: Es kommt nicht oft vor, dass ein Lager komplett umstrukturiert werden muss. Falls doch, übernehmen die Leitungspersonen diese Aufgabe, nicht die Auszubildenden. In den besuchten Lagerhäusern mussten die Auszubildenden schnell arbeiten, um effektiv zu sein. Sie veränderten die Organisation nicht. Daher bleibt es der Schule überlassen, den Auszubildenden die Fähigkeiten zu vermitteln, die sie später im Berufsleben benötigen, wenn sie mehr Verantwortung übernehmen – und nicht nur die Fähigkeiten, die sie während ihrer Ausbildung benötigen. Lehrende in Berufsfachschulen bestätigen, dass Logistik daher recht schwierig zu vermitteln ist. Logistik ist nicht nur recht abstrakt, sondern die von den Lehrenden vorgestellten Grundsätze werden von den Auszubildenden – da sie das Gelernte während der Woche nicht anwenden – auch nicht gut verstanden. Die Lehrenden fragten uns daher, ob wir etwas tun könnten, um diese Situation zu ändern und das Qualifikationsdefizit zu überwinden und ob es eine technologische Lösung dafür gäbe.

Guillaume und Patrick führten viele Gespräche mit Logistik-Fachlehrenden, um den Lernstoff und die Technologie mit ihnen gemeinsam zu gestalten. Viele Akademiker haben eine naive Vorstellung von einer solchen Zusammenarbeit: Sie denken, es genüge, die Lehrenden zu fragen, was sie brauchen. Co-Designing ist jedoch kein einseitiger Prozess. Es ist ein Gedankenaustausch zwischen Forschenden und Lehrenden, ein interaktiver und manchmal frustrierender Prozess der Verfeinerung von Ideen. Aber manchmal springt der Funke über. Eines Tages trafen Patrick und Guillaume die beiden Logistiklehrer aus Yverdon mit zwei kleinen Holzregalen, die sie angefertigt hatten. Das war der Startschuss für ihre gemeinsame Arbeit. Mit etwas Konkretem in der Hand konnten die Lehrer konkrete Aktivitäten vorschlagen. Das Ergebnis war ein selbst gebauter «TinkerTable» oder «Basteltisch» (Abbildung 6-1), ein erster Versuch der Simulation eines Lagers mit «erweiterten» Funktionen.



Abbildung 6-1 • Der TinkerTable, Vorläufer der TinkerLamp

Der TinkerTable ist ein **AR-System**, bestehend aus einem 2,5 x 1,5 m grossen Tisch aus Whiteboard-Material und einer 2,7 m hohen Vorrichtung, an der eine Kamera, ein Projektor und ein Spiegel befestigt sind. Das Adjektiv «erweitert» bezieht sich auf

die Projektion digitaler Informationen auf reale Objekte oder deren Bilder. Ein Beamer projiziert visuelle Informationen auf die Regale (um deren Inhalte darzustellen) und auf den Tisch (um die Bewegung der Gabelstapler abzubilden). Der Beamer ist in den Tisch integriert, und die Spiegel vergrößern die Brennweite, um die gesamte Tischfläche abzudecken. Die im Tisch integrierte Kamera liest über den oberen Spiegel Marker an der Oberseite der Regale aus, um sie auf der 2D-Fläche zu positionieren. Eine technische Einschränkung der Augmented Reality besteht in der exakten Ausrichtung der digitalen Informationen mit den realen Objekten oder dem realen Bild. Heute sind die meisten AR-Systeme durchsichtige Tablets (z. B. sieht man sich ein Gemälde an und auf dem Tablet erscheinen zusätzliche Informationen) sowie immer preiswertere Head-Mounted-Displays.

In der Mensch-Computer-Interaktion (HCI) wird diese Art von Schnittstelle als «**tangible interface**» (anfassbare Schnittstelle) bezeichnet; in unserem Fall konfiguriert der Anwender sein Lager, indem er auf dem Tisch (von der Kamera verfolgt) echte Regale bewegt und nicht einfach mit der Maus Symbole über den Bildschirm zieht, wie bei einer herkömmlichen Computersimulation. Dies ist eine kuriose Rückkehr zu den eigentlichen Wurzeln, denn seit Einführung der «direct manipulation»-Schnittstellen vor 40 Jahren wurden die ursprünglich physischen Objekte durch Symbole (Desktop-Metapher, Papierkorb-Icon, Fenster) ersetzt. In diesem Kapitel werden wir sehen, wie wichtig physische Manipulationen im Vergleich zur kognitiven Aktivität der Organisation eines Lagers sind.

Wie Sie feststellen werden, war die Technologie ziemlich umständlich. Es gab nur einen Raum in der Schule, der hoch genug war, um dieses Gerät unterzubringen. Man konnte noch einen (weiteren) Tisch für maximal sechs bis acht Auszubildende in diesen Raum stellen. So musste der Lehrer die Klasse in zwei Untergruppen aufteilen und sich für die Betreuung der zweiten «halben» Klasse mit einem Kollegen abstimmen. Wir behielten die Projektor-Kamera-Idee bei, wechselten aber zu einer transportfähigeren Version.

Die Entstehung der TinkerLamp

Wir beschlossen umgehend, das System so zu verkleinern, dass es auf jedem Schreibtisch Platz finden würde. Da die Berufsschulklassen oft mit etwa 15 Auszubildenden besetzt sind, wollten wir vier kleinere Systeme für je drei oder vier Lernende im selben Klassenraum unterbringen. In Anlehnung an frühere Projekte in unserem Labor nannten wir dieses kleinere System TinkerLamp. Zwei oder vier Lernende an einem Computer interagieren zu lassen, ist ziemlich schwierig. Oft übernimmt eine oder einer von ihnen die Tastatur und die Maus und steuert den Grossteil der Interaktion, sodass die mindestens ein oder zwei anderen Lernenden ausgeschlossen werden. Bei einer konkreten physischen Schnittstelle ist es dagegen für die mindestens drei Lernenden, die sich um die TinkerLamp gruppieren, ziemlich leicht, mitzuarbeiten. Mit anderen Worten: Konkrete physische Schnittstellen ermöglichen kollaboratives Lernen. Wir wollen diesen Punkt hier nicht vertiefen; Bertrand Schneider, der seine Masterarbeit über die TinkerLamp geschrieben hat, hat diese Forschung im Rahmen seiner Dissertation in Stanford vertieft (Schneider et al., 2018).

Nach einem überteuerten Prototyp entwickelten wir mehrere Versionen, wie in Abbildung 6-2 dargestellt: Modelle 1, 2 und 3 mit Spiegel, Modell 4 ohne Spiegel und Modell 5 mit zwei Spiegeln. Modell 4 war das günstigste und am einfachsten zu kalibrieren (da keine Spiegel vorhanden waren); es wurde daher für viele der hier beschriebenen Versuche verwendet. Modell 5 wurde von Katarina und Vincent Nanchen entworfen. Ein Video des finalen Modells in Aktion ist unter www.youtube.com/watch?v=CYuDYWYxKb8&t=2s zu sehen.



Abbildung 6-2 • Mehrere Ausführungen der TinkerLamp

Der Leser könnte meinen, dass die Form des Geräts im Vergleich zu den kognitiven Aktivitäten, die durch die Lagersimulation ausgelöst werden, keine Rolle spielt. Dies ist nicht völlig falsch, aber einige Formfaktoren spielen eine Rolle für die tägliche Unterrichtspraxis. So konnten sich die Auszubildenden mehr oder weniger hinter Modell 3 (Spitzname: «Pinguin») verstecken, während die Lehrenden sie im Auge behalten wollten. Modell 4 ist elegant, aber umständlich zu lagern, im Vergleich zu Modell 5, das sich in einige wenige Teile zerlegen lässt. Modell 2 lässt sich ausserdem falten, was nützlich ist, wenn man es im Klassenschrank aufbewahren möchte; aber es ist sehr schwer. Am Ende des Kapitels werden wir unter dem Stichwort der «Orchestrierung im Klassenraum» auf diese praktischen Überlegungen zurückkommen.

Spielt die Manipulation eine Rolle?

Wie unterscheiden sich Kunststoffregale, die auf einem Tisch stehen, von beweglichen Symbolen auf einem grossen Tablet, das auf dem Tisch liegt? Die winzigen Kunststoffregale unterscheiden sich nicht allzu sehr von den Symbolen; sie unterscheiden sich optisch von echten Regalen und können einfach als 3D-Symbole betrachtet werden. Spielt die physische Manipulation von Objekten eine Rolle? Heutzutage wäre es einfacher, eine iPad-/Tablet-App zu entwickeln (aber iPads kamen erst 2010 auf, nachdem wir unsere TinkerLamp entwickelt hatten).

Zuerst führten wir ein Experiment durch, das sich nur auf die Manipulation konzentrierte. Wir gaben den Teilnehmenden 40 Grundrisse, die sie entweder auf der TinkerLamp oder auf einer von uns entworfenen Tischplatte aufbauen konnten. Letztere war im Grunde wie ein grosses iPad, auf dem die gleiche App lief wie in der TinkerLamp. Alle vierzig Teilnehmenden waren mit der «anfassbaren» Schnittstelle deutlich schneller als mit dem Touchscreen: Sie brauchten damit durchschnittlich etwa fünf Minuten weniger, um die Regale in die vierzig Konfigurationen zu bringen (Lucchi et al., 2010). Tatsächlich sind wir es gewohnt, Objekte auf einer Oberfläche zu bewegen. Die Auszubildenden konnten leicht vier oder mehr Regale fassen und verschieben oder sogar eine ganze Reihe von Regalen mit dem Vorderarm bewegen. Mit anderen Worten: Die anfassbaren Objekte erhöhten die Gebrauchstauglichkeit der Aufgabe. Man lernt aber nicht, nur weil man Regale bewegt. Man kann Schachfiguren zufällig auf dem Schachbrett bewegen, ohne jemals die Regeln oder Strategien des Schachspiels zu lernen.

Um diese Oberfläche in eine Lernumgebung zu verwandeln, waren zwei Elemente erforderlich: eine Reihe von durchzuführenden Aktivitäten und ein Feedback-Mechanismus. Zunächst erhielten die Auszubildenden pro Team eine Beschreibung der Übung, wobei das Ziel auf einen Papierbogen gedruckt war (Abbildung 6-3,

links), auf dem sie die gleichen visuellen Markierungen vorfanden, die vom System positioniert werden sollten. Der linke Teil, der sich ausserhalb des Sichtfeldes der Kamera befand, enthielt die Anleitung für die Übungen. Im rechten Teil befand sich der Input-/Output-Bereich. Die Auszubildenden konnten beispielsweise wählen, welche Art von Gabelstapler im unteren Abschnitt eingesetzt werden sollte («chariots élévateurs»), da verschiedene Gabelstapler mehr oder weniger Platz zum Drehen benötigen. Die Auswahl der Optionen erfolgte durch Verschieben eines schwarzen Tokens: Dies entspricht einem Mausklick. Das Papierblatt diente auch dazu, Rückmeldungen, wie den prozentualen Anteil der genutzten Flächen, darzustellen (Abbildung 6-3, rechts).

Zweitens konnten die Auszubildenden die Simulation durchführen, sobald sie ihre Lagereinrichtung für zufriedenstellend befanden. Die TinkerLamp projizierte dann die Bewegungen der Gabelstapler, welche die Kisten vom LKW in die Regale und umgekehrt transportieren. In einem echten Lagerhaus könnte dieser Ablauf Stunden dauern. In unserer Simulation wird er stark beschleunigt. Die Simulation schätzt die Lagerleistung, d. h. die durchschnittliche Zeit, um eine Box vom LKW ins Regal zu bringen (siehe Kasten «Temps moyen par palette»), in Echtzeit. Den Auszubildenden machte es Spass, ihre Leistungen mit denen ihrer Nachbarn zu vergleichen.

Warum beschreiben wir diese Benutzeroberfläche so ausführlich? Für jede computergestützte Simulation braucht es zwei Räume: den simulierten Raum selbst, in dem das Phänomen manipuliert und simuliert wird (z. B. eine Kammer mit Partikeln in der Physik) und einen Kontrollraum, der Funktionen wie Laufen, Pausieren, Aufzeichnen eines Experiments, Löschen oder Vergleichen von Ergebnissen bietet. In Standard-Simulationen sind diese beiden Räume als zwei Ausschnitte oder Fenster in derselben Anzeige abgebildet. Da in unserem Fall die Tischfläche der simulierte Raum ist, haben wir eine papierbasierte Schnittstelle für die Steuerungsfunktionen erfunden. In gewisser Weise zwang uns die Verwendung einer anfassbaren Schnittstelle, sie durch eine Papierschnittstelle zu ergänzen. Ulrich Hoppe, Mitglied unseres Beirats, hinterfragte diese Medienkontinuität zum Beispiel und fragte, ob Auszubildende die Ergebnisse der Simulationen von Hand auf das Blatt schreiben würden. Es stimmt, dass diese Blätter heute durch ein Tablet ersetzt werden könnten. Dennoch bietet Papier einige Vorteile: (1) Die Auszubildenden notieren ihre besten projizierten Ergebnisse auf Papier und können ihr Blatt zur Tafel mitnehmen, wenn die Lehrperson sie dazu auffordert; (2) die gemeinsame Gestaltung dieser Blätter mit den Lehrenden ist recht einfach: Patrick und Guillaume skizzierten die Lösung einfach auf Papier; (3) die Lehrenden hatten dann eine Mappe mit vielen Übungen, die einen Teil des Lehrplans abdeckten. Man brauchte weder Login oder Passwort noch die richtige URL zu finden, sondern wählte einfach das Blatt des jeweiligen Tages in seinem Ordner aus; (4) Lehrende konnten sich leicht Notizen (z. B. interessante Parameterwerte) auf ihren Masterblättern machen und Kopien für Kollegen anfertigen. Papier ist im Bildungswesen allgegenwärtig und eignet sich gut für die Unterrichtsroutine (Aufbewahren, Verteilen, Sammeln und Sortieren von Papierbögen). Papier ist nicht nur ein Vermächtnis aus vordigitalen Zeiten. Dies ebnete den Weg für weitere Projekte, bei denen andere Eigenschaften von Papier – Drehen, Falten und Überlappen – zum Tragen kamen (siehe Bonnard et al., 2012a, 2012b).

Formation professionnelle initiale dans le domaine de la logistique
SVBLIASFL Enseignement professionnel spécifique Stockage

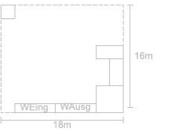
**Fiche Simulation 1.5.1 (1/2)
Répartition des surfaces de stockage**

1. Locaux annexes

Sur la surface interactive, placez les locaux annexes comme indiqué sur le plan d'entrepôt ci-contre.

La position des locaux est reportée en temps réel sur le plan ci-contre, ce qui vous permet de contrôler que votre mise en place est correcte.

Plan de l'entrepôt



2. Surface brute de stockage

Le système affiche des informations sur la surface brute, la surface brute de stockage et le degré d'utilisation des surfaces. Recopiez ces valeurs.

Rappel:
Surface brute = longueur de l'entrepôt x largeur de l'entrepôt
Surface brute de stockage = surface brute - surface des locaux annexes

Surface brute = m²

Surface brute de stockage = m²

Degré d'utilisation des surfaces (1) = $\frac{\text{Brute de stockage}}{\text{Brute}}$ = %

3. Surface nette de stockage

Placez maintenant 10 étagères dans l'entrepôt. Le système affiche des informations sur la surface nette de stockage et le degré d'utilisation des surfaces. Recopiez ces valeurs.

Observez comment ces valeurs changent lorsque vous rajoutez des étagères. Essayez de maximiser le degré d'utilisation.

La position des étagères est-elle importante?

Surface nette de stockage = m²

Degré d'utilisation des surfaces (2) = $\frac{\text{Nette de stockage}}{\text{Brute}}$ = %

Degré d'utilisation des surfaces (3) = $\frac{\text{Nette de stockage}}{\text{Brute de stockage}}$ = %



Abbildung 6-3 • Papierbögen als Input und Output
(wird noch festgelegt)

Nachdem die Lernumgebung mit Aktivitäten und Simulationen angereichert war, stellte sich uns die Schlüsselfrage: Führt die Manipulation greifbarer Objekte zu besseren Lernerfolgen als die bisher in diesen Klassenräumen durchgeführten vergleichbare Aktivitäten? Wir führten einen weiteren Versuch mit 82 Auszubildenden derselben Schule durch, wobei manche die anfassbare Schnittstelle und andere den zuvor beschriebenen Touchscreen nutzten (Schneider et al., 2010). Die Teilnehmer waren mit der Tinker-Umgebung vertraut, da sie diese vor dem Versuch mindestens einmal genutzt hatten. Sie erhielten die folgende Zielvorgabe: «*Sie sollen ein Lager mit möglichst vielen Regalen bauen. Dies ist Ihr primäres Ziel. Darüber hinaus wird auch die Effizienz bewertet (d. h. die durchschnittliche Entfernung von jedem Regal zu den Empfangs- und Versandstellen). Sie haben ca. 25 Minuten Zeit, Ihr Lager so einzurichten, dass der Platz bestmöglich genutzt wird. Halten Sie dabei die meisten Regale möglichst barrierefrei.*» Die Auszubildenden arbeiteten in Zweiergruppen. Wir untersuchten die Gesamtleistung ihres Lagers sowie die Fähigkeit der Lernenden, Logistikfragen in je einem Test vor und nachdem Versuch zu beantworten. Um die Leistung jedes Duos zu bewerten, wurden zwei Kriterien herangezogen: die Anzahl der zugänglichen Regale im Lager, die von der Software automatisch berechnet wird, und die durchschnittliche Entfernung der Versand- und Empfangsstellen zu jedem Regal, die sich aus der Analyse der Protokolle ergibt.

Das Ergebnis? Die Auszubildenden, die mit der anfassbaren Schnittstelle gearbeitet hatten, schnitten besser ab (d. h. sie bauten Lagerschemata mit deutlich mehr Regalen (Abbildung 6-4, links)), und die von ihnen errichteten Lagerräume waren geringfügig effizienter eingerichtet. Ein Vorteil von 3D-Regalen ist, dass sie die Abschätzung des Abstandes zwischen den Regalen anhand der Regalhöhe ermöglichen; sie bieten eine intuitive Skalierung, die verhindert, dass unzugängliche Regale gebaut werden.

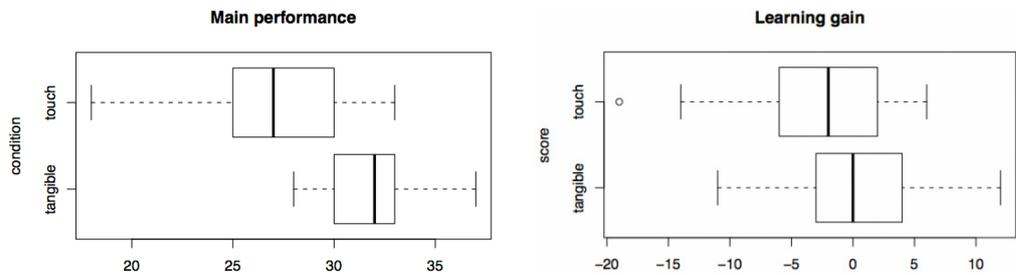


Abbildung 6-4 · Vergleich der Auszubildenden, die mit einer anfassbaren Schnittstelle oder einem Multi-Touchscreen arbeiteten. Beachten Sie: Der Lernerfolg konnte negativ sein, da der Test nach dem Versuch schwieriger war als der Test davor.

Wir fanden einen eher geringen Unterschied bei den Lernerfolgen, die berechnet wurden, indem das Ergebnis im Test vor dem Versuch von dem im Test nach dem Versuch subtrahiert wurde. Der durchschnittliche Erfolg betrug 0,43 für die anfassbare Schnittstelle und -2,5 für den Touchscreen. Eine Multi-Level-Analyse ergab einen signifikanten Effekt, der die Hypothese bestätigt, dass sich die anfassbare Schnittstelle positiv auf den Lernerfolg auswirken würde (Abbildung 6-4, rechts). Wir haben untersucht, ob andere Variablen den Vorteil der Manipulation anfassbarer Objekte erklären könnten. Wir baten alle Teilnehmer zu bewerten, wie spielerisch die Simulation war. Es gab überraschenderweise keinen signifikanten Unterschied zwischen Touchscreen und anfassbarer Schnittstelle. Zusätzlich wurde anhand des von Meier et al. (2007) entwickelten Rating-Schemas geprüft, ob die sich die Zusammenarbeit durch die greifbaren Objekte verbessert hatte. Aber auch hier war der Unterschied nicht signifikant. Die beiden Szenarien unterschieden sich hauptsächlich darin, wie oft die Regale bewegt wurden, d. h. wie intensiv die Lernenden den Raum für mögliche Entwürfe ausloteten. Im Schnitt bewegten sie die Regale 176 Mal (SD = 73) bei der anfassbaren Schnittstelle gegenüber 130 Mal (SD = 28) beim Einsatz des Touchscreens.

Zu diesem Zeitpunkt schien der pädagogische Wert der Greifbarkeit wenig mit den kognitiven Effekten physischer Manipulation zu tun zu haben. Die Beziehung zwischen kognitiven Operationen und physischen Manipulationen hat seit Froebel und Montessori schon viele Denkschulen inspiriert, und die Wissenschaftler, die anfassbare Schnittstellen befürworten (Zuckerman et al., 2005), vermuten hier einen Zusammenhang. Diese Hypothese wurde jedoch durch unsere Arbeit weder bestätigt noch widerlegt. Eine Verbindung zwischen physischen Manipulationen und kognitiven Operationen ist zwar denkbar, wenn Kinder mit Cuisenaire-Stäben rechnen; dieser physische Ausdruck kognitiver Operationen hat sich bei unseren angehenden Logistikerinnen und Logistikern aber nicht gezeigt.

Spielt die Orchestrierung im Klassenraum eine Rolle?

Die vorangegangene Studie war gut kontrolliert: Zwei Auszubildende nutzten die TinkerLamp in einem von Forschenden kontrollierten Labor. Dank der Zusammenarbeit mit den Lehrenden konnten wir dann zur echten Anwendung im Klassenraum übergehen. An der Studie nahmen vier Klassen mit insgesamt 60 Auszubildenden im zweiten Lehrjahr an zwei Tagen teil (zwei Mal zwei Klassen während eines ganzen Tages) (Zufferey, 2010). Alle Klassen waren mit der Tinker-Umgebung vertraut, da sie diese im Laufe des Jahres mehrmals genutzt hatten. Bei unserem Versuchsaufbau nutzte eine Klasse die TinkerLamp am Morgen und Papier am Nachmittag, während die zweite Klasse in umgekehrter Reihenfolge vorging, sodass ein und derselbe Lehrende die Aktivitäten mit der TinkerLamp in beiden Klassen durchführen konnte. Wir gaben den Lernenden jedes Mal unterschiedliche realistische Aufgaben. Die Ergebnisse waren enttäuschend: Weder bei den deklarativen Kenntnissen noch bei den Transferfragen war ein signifikanter Unterschied zwischen der Arbeit mit der anfassbaren Schnittstelle und den papierbasierten Aktivitäten zu erkennen, und

auch der Lernerfolg war generell sehr gering. Aber so ist das Leben der EdTech-Laboranten: Wir entwerfen coole Technologien; wir testen sie in echten Klassenräumen und dann kommen die Tränen! Wir erkannten, dass sich die Lehrenden, wenn wir den Teams derart präzise Anweisungen gaben, überflüssig fühlten und die Auszubildenden (von denen viele nicht alle Aufgaben erledigten) fast nur noch beobachteten.

Also gestalteten wir die Aktivitäten neu, um die Lehrenden stärker einzubeziehen. Wir verbesserten unsere TinkerSheets, um die Nachbesprechung zu unterstützen: Dies ist der Moment, in dem die Lehrenden (Abbildung 6-5) die einzelnen Teams (es gibt vier Lampen im Klassenraum) auffordert, ihren Lagerplan vom TinkerSheet auf das Whiteboard zu kopieren. Die Lernenden wurden gebeten, die einzelnen Daten ihrer Lösungen zu vergleichen. (Bei einer Lösung ist vielleicht die Lagerfläche maximiert, aber die Gabelstapler haben keinen Platz, um sich in der Gasse zu kreuzen; so werden sie langsamer, sodass die durchschnittliche Leistung sinkt.) Wie Schwartz und Bransford (1998) feststellten: «there is a time for telling». Der Versuch mit einer TinkerLamp-Simulation entfaltet erst dann seine Wirkung, wenn der Lehrer anschliessend die auf den Erfahrungen der Lernenden basierenden Schlüsselbegriffe einführt. In dieser Studie hatte der Lehrer ein besseres Verständnis von den Unterrichtsaktivitäten und alles lief viel reibungsloser.

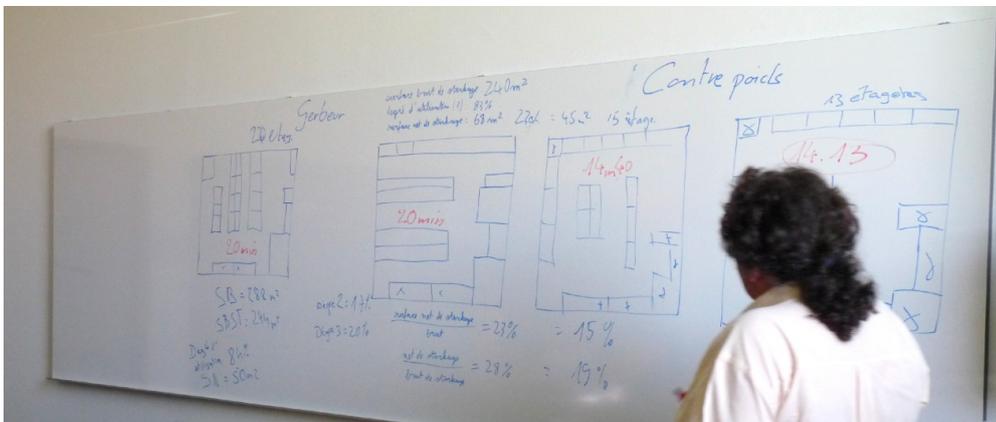


Abbildung 6-5 • Die vier Teams haben ihre Lageranordnung auf das Whiteboard übertragen; der Lehrer vergleicht die Flächennutzung und die Lagerleistung (Zeit, um eine Palette vom LKW ins Regal zu bringen und umgekehrt): Beispielsweise erhöht sich durch schmale Gassen die Lagerfläche, aber Gabelstapler haben womöglich Schwierigkeiten beim Manövrieren.

Etwa zu dieser Zeit promovierte Guillaume Zufferey, kurz darauf gefolgt von Son Do Lehn. Er führte einen neuen Versuch mit 61 Auszubildenden durch: Die Nutzer der TinkerLamp schnitten besser ab als diejenigen, die nur auf Papier arbeiteten: Sie erkundeten doppelt so viele Lagerpläne und schafften es, deutlich mehr Regale in ihre Lagerhäuser einzubauen (Do-Lehn et al., 2010). Der Test nach dem Versuch zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf das Verständnis des Konzepts oder die Problemlösung. Wir entwerfen, wir testen, wir weinen. Wie Son Do-Lehn aus weiteren Studien erkannte, stellen die besten Teams die Regale nicht allzu oft um. Sie machten sich etwas mehr Gedanken darüber, was im Lager geändert werden sollte und setzten diese Massnahmen dann um. Die schlechtesten Teams tun das Gegenteil: Sie platzieren die Regale oft neu und führen die Simulation zu schnell und ohne viel Nachdenken durch. Son bezeichnete diesen Fallstrick der anfassbaren Schnittstellen als «**manipulation temptation**» (Do-Lehn et al., 2012) – ein Konzept, das aus dem Vatikan stammen könnte: Unsere anfassbare Schnittstelle liess die reflexionsfreie, unstrukturierte Umorganisation zu.

Um dieses Problem zu verringern, entwarf Son eine einfache Lösung. Er übergab den Lehrenden eine «Orchestrierungskarte» aus Papier, die sie in die Kamera der TinkerLamp halten konnten (die Karte hatte eine Referenzmarke), um die Simulation zu sperren oder zu entsperren (Abbildung 6-7 links). Die Lehrenden sollten zu Beginn jede Simulation sperren und warten, dass die Lernenden sie riefen, wenn

sie die Simulation durchführen wollten. Die Lernenden würden dann aufgefordert, eine Hypothese darüber zu formulieren, ob ihr neu entworfenes Lager besser funktioniert als das vorherige oder nicht. Wenn die Teams einfach mit «ja» antworteten, würden die Lehrenden sie bitten, ihre Vorhersage zu begründen. Lernende zu **Vorhersagen** aufzufordern, ist ein grundlegender Trick, um das Nachdenken in Gang zu setzen – im Gegensatz zu den willkürlichen Spekulationen, die Son als «manipulation temptation» bezeichnet. Edith Ackerman beschreibt dieses fruchtbare Wechselspiel von «Basteln» und «Nachdenken» sehr schön als Lernen, das «heads in» and «heads out» (im Kopf und ausserhalb) stattfindet.

Wir beobachteten, wie schwierig es für die Lehrenden war, die Aufmerksamkeit der Lernenden in ihren Klassen zu gewinnen. Uns wurde klar, dass eine coole Technologie wie die TinkerLamp zu einer Ablenkung für die Auszubildenden geworden war. Für eine zweiminütige Mitteilung waren mehrere Minuten erforderlich, um die Aufmerksamkeit Lernenden von der Simulation zu lösen und auf die Lehrenden zu lenken. Zur Lösung dieses Problems wurde eine weitere Orchestrierungskarte eingeführt: die «Pausenkarte» (Abbildung 6-6, rechts). Wird sie einer der vier TinkerLamps im Klassenraum präsentiert, friert sie einfach alle Simulationen ein. Die Teams verloren keine Daten, aber während des Lehrervortrags zeigte die Lampe nichts mehr an. Sobald der Lehrende die andere Seite der Orchestrierungskarte vor die Lampe hielt, konnten die Teams weiterarbeiten. Abbildung 6-6 (rechts) zeigt den Lehrer, der mit ein paar einsatzbereiten Karten in den Händen von Tisch zu Tisch geht. In späteren Studien stellten wir fest, dass diese Karten von Lehrenden sehr einfach zu benutzen sind, solange es nur wenige Karten gibt. (Das erkannten wir erst später, nachdem wir den Fehler gemacht hatten, zu viele Karten einzuführen: Der Lehrende verschwendete Zeit damit, die passende Karte zu finden.)

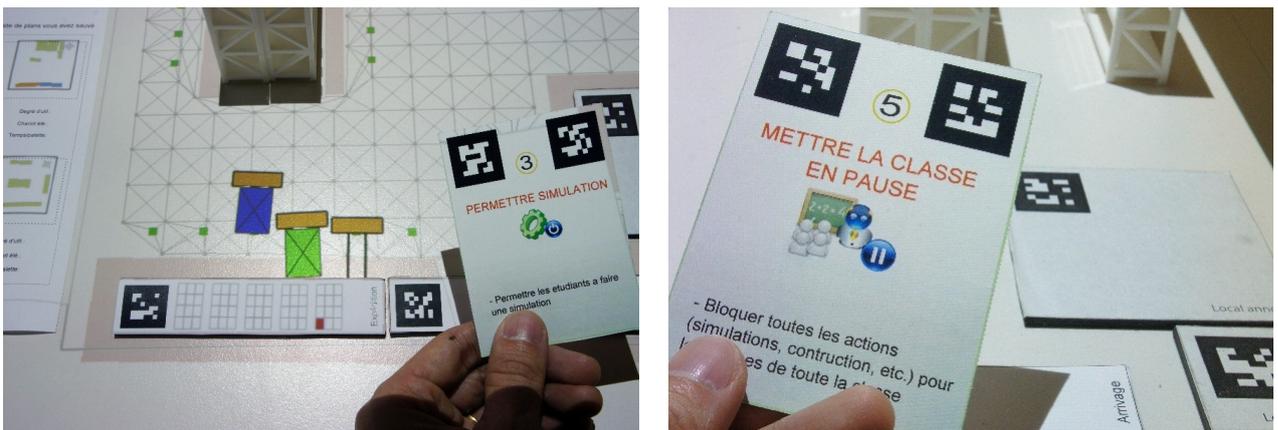


Abbildung 6-6 • Orchestrierungskarten, um Simulationen zu sperren/zuzulassen (links) und um alle Lampen in der Klasse zu pausieren (rechts). Der Lehrer geht in der Klasse umher, mit den Karten hinter seinem Rücken.

Wollen hier aber nicht über Orchestrierungskarten sprechen; da sie speziell für die beschriebene Umgebung entwickelt wurden. Unsere Botschaft ist grundlegender. Wir haben gelernt, dass, wenn man eine Technologie entwirft, die für die Lernenden interessanter ist als das, was die Lehrenden tun oder sagen könnten, dies eine Art Konkurrenz für die Lehrenden darstellt und ihnen den Unterricht erschwert. Kein vernünftiger Lehrer nutzt gerne eine Technologie, die seinen Unterricht sabotiert. Oft hören wir, dass Lehrende mit digitalen Technologien nicht ausreichend vertraut sind. Das ist für die Schweiz schwer zu glauben, denn es bedeutet, dass sie weder ein Konzert noch ein Flugticket buchen, ihre Steuererklärung abgeben oder ihre Urlaubsbilder speichern können. Vielmehr sind Schweizer Lehrende technologisch reif genug, um zwischen Technologien, die ihre Arbeit erleichtern, und solchen, die sie erschweren, zu unterscheiden. In gewisser Weise sorgte die TinkerLamp dafür, dass die Lehrenden die Kontrolle über ihre Klasse verloren; die Orchestrierungskarten waren eine der notwendigen Lösungen, um dem entgegenzuwirken und sie zu ermächtigen. Andere Umgebungen erfordern möglicherweise andere Formen der Ermächtigung.

Vielleicht sind einige Leser von den im vorigen Absatz verwendeten Begriffen «Ermächtigung» und «Kontrolle» schockiert. Sie werden oft mit Disziplin in Vorlesungen verbunden. Wir glauben jedoch, dass die Lehrende selbst bei konstruktivistischen Ansätzen, wie wir sie umgesetzt haben, spüren müssen, was vor sich geht, und dass sie ihre Führungsrolle behalten müssen. Es gibt einen besonders heiklen Moment, nämlich die Nachbesprechung oder Debriefing-Phase. In dem bereits zitierten «time for telling»-Ansatz oder in Manu Kapurs Ansatz des produktiven Scheiterns (2008) folgt auf die Problemlösungs- oder Erkundungsphase ein Moment, in dem die Lehrenden die von den Lernenden geäußerten Ideen neu formulieren, indem sie die richtigen Begriffe verwenden, Definitionen klären oder Formeln erläutern. Diese zweite Phase kann nicht einfach eine vorab erstellte PowerPoint-Präsentation sein, die nicht auf das eingeht, was die Lernenden in der ersten Phase gemacht haben. Als Phase der Formalisierung muss sie auf den während der Erkundungsphase erfolgten Ideen, Fehlern, Versuchen, Ergebnissen oder Erfolgen von Einzelpersonen und Teams aufbauen. Dies nennt man auch Debriefing (Nachbesprechung). Die Kunst des **Nachbesprechens** erfordert eine gewisse Improvisationsgabe (die nicht alle Lehrenden haben) und Vertrauen in das eigene Fachwissen. Sie bringt auch eine hohe kognitive Belastung mit sich.

Daher haben wir Werkzeuge entwickelt und erprobt, um das Monitoring der Erkundungsphase und der Nachbesprechung zu erleichtern. Diese Tools sind in einem sogenannten Dashboard für Lehrende zusammengefasst, das Informationen aus den vier TinkerLamps sammelt und verschiedene Visualisierungen vorschlägt. Abbildung 6-7 zeigt mehrere Visualisierungen, die das Management und die Nachbesprechung im Klassenraum erleichtern dürften. In der Hauptleiste links oben sieht der Lehrende die Geschichte der von den Teams entworfenen Lagerhäuser, wobei pro Zeile ein Team angezeigt wird. Im Zoom zeigt ein Farbcode die Anzahl der Regalmanipulationen an: Rot bedeutet häufige Bewegungen («basteln»), Grün bedeutet Pausen (potenziell «nachdenken»). Es gibt Bedientasten, die den Orchestrierungskarten entsprechen. Um die Nachbesprechung zu erleichtern, können Lehrende zwei beliebige Lagerhäuser im unteren Teil auswählen und ihre Leistungen vergleichen. **Nachbesprechung ist die Kunst, auf dem aufzubauen, was die Lernenden hervorgebracht haben.**

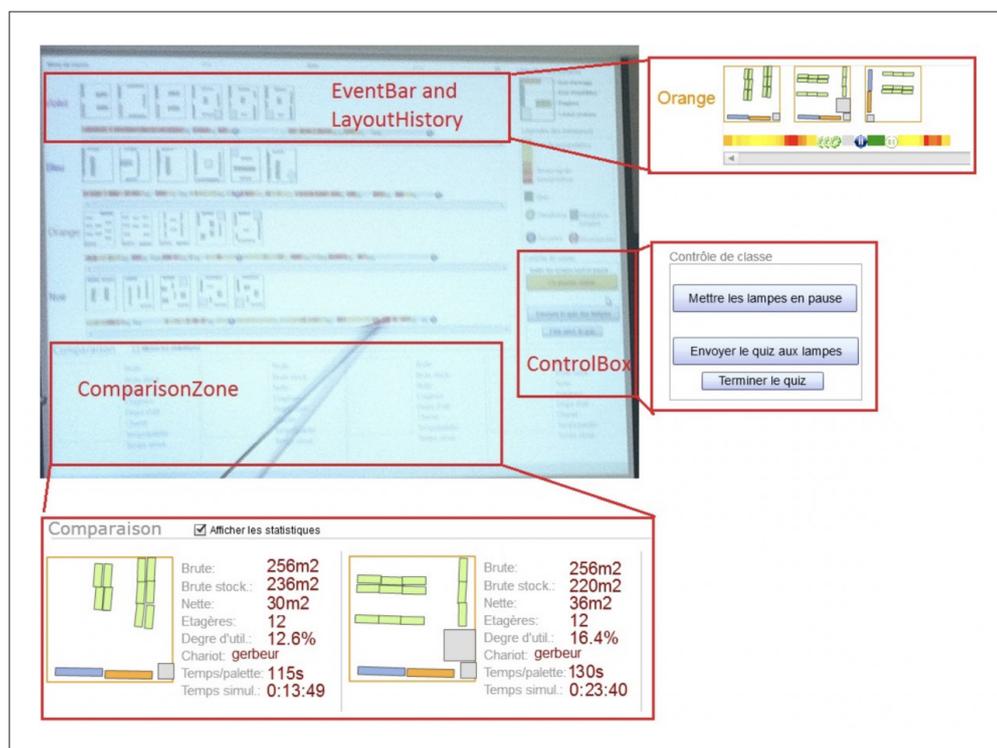


Abbildung 6-7 · Dashboard der Lehrenden für die Orchestrierung des Unterrichts mit der TinkerLamp.

Pierre Dillenbourg sah die Gebrauchstauglichkeit dieser Dashboards skeptisch. Dashboards sollen den Lehrenden die Arbeit erleichtern; aber viele der Dashboards in der Literatur zur Lernanalyse erhöhen die kognitive Belastung der Lehrkräfte, als ob Lehrende die Zeit hätten, während des Unterrichts viel Aufmerksamkeit auf ihren Computer zu richten. Diese Falle entstand nicht. Das Dashboard wurde permanent vom Beamer im Klassenraum angezeigt, wobei die Lehrperson im Klassenraum umherging, das Dashboard im Blick behielt und sich darauf bezog (Abbildung 6-8). Pierre hatte Unrecht: Die Lehrenden hatten keine Probleme bei der Nutzung; es funktionierte ziemlich gut.

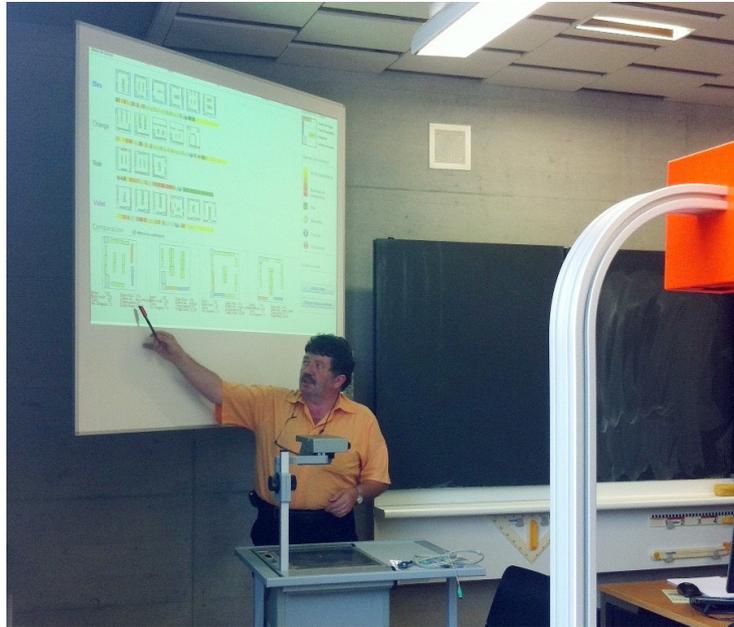


Abbildung 6-8 • Jacques Kurzo mit dem TinkerBoard für den Vergleich und die Gegenüberstellung ausgewählter Pläne der Lernenden

Woher wissen wir, dass es gut funktioniert hat? Mit diesem Tool konnten wir erstmals einen signifikant höheren Lernerfolg mit der TinkerLamp im Vergleich zum papierbasierten Unterricht erzielen und einen signifikanten Unterschied sowohl beim Verständnis als auch bei der Problemlösung feststellen (Tabelle 6-1). Diese bedeutenden Lernerfolge standen am Ende eines langen Prozesses der Gestaltung, Erprobung und Verbesserung unseres Umfelds.

Was heisst das nun?

Zu Beginn sind wir im Detail auf die Verbindung zwischen der Form einer Technologie und dem Lernerfolg eingegangen: auf die Gestaltung einer technologischen Lösung, die (1) intensive berufliche Aktivitäten ermöglicht, die (2) ihrerseits – so die Hypothese – kognitive Prozesse in Gang setzen (3). Dieser Zusammenhang wird im vorliegenden Kapitel veranschaulicht. Zunächst demonstrierten wir die Gebrauchstauglichkeit unserer Unterrichtsmittel (1), d. h. wie schnell die Auszubildenden mithilfe von Kunststoffregalen ein möglichst optimales Lager planen können. Anschliessend gestalteten wir gemeinsam mit den Lehrenden entsprechende Lernaktivitäten. Wir mussten ein zusätzliches Technologie-Feature, die TinkerSheets, entwickeln und Aktivitäten in die technologische Umgebung integrieren. Wir brauchten mehrere gemeinsame Sitzungen mit den Lehrenden, um die in (2) erwähnten umfangreichen Lernaktivitäten zu entwickeln. Schliesslich stellten wir fest, dass die erwarteten kognitiven Prozesse nicht spontan durch diese Aktivitäten ausgelöst wurden, weshalb die Lernerfolge eher bescheiden blieben. Um einen signifikanten Lernerfolg zu erzielen, mussten die gesamten Abläufe neu gestaltet und weitere Technologie-Features für die Lehrenden – ein Dashboard und Orchestrierungskarten – eingeführt werden.

Die Fortschritte, die wir im Rahmen dieses Prozesses machten, widerspiegeln unsere allmähliche Erkenntnis, dass **der Lernerfolg nicht nur von digitalen Tools, sondern auch von den Lehrenden abhängt**. In der Einleitung wird ein vierter Faktor angesprochen: die Art und Weise, wie Lehrende Lernaktivitäten im Unterricht organisieren. Zwar haben wir die Gestaltung des Unterrichts dort nicht definiert, aber der Leser wird dieses Konzept sicher anhand der zahlreichen Beispiele, die sich durch das Buch ziehen, verstehen. Manchmal wird hierfür einfach der Begriff «Classroom Management» (Unterrichts- oder Klassenführung) verwendet. Dieses Konzept hat viel damit zu tun, dass eine gewisse Kontrolle des Geschehens im Klassenraum unverzichtbar ist. Es geht hier um die Organisation von Aktivitäten, die einzeln, in Gruppen oder im Plenum ausgeführt werden sollen, wobei der Klassenraum verschiedene Einschränkungen mit sich bringt. Eine wesentliche Erkenntnis aus unserer Versuchsreihe ist die Bedeutung der Orchestrierung.

Dies gilt auch für unsere «Pausenkarte», wobei der Begriff «Orchestrierung» viel mehr beinhaltet als die bloße Kontrolle des Unterrichtsgeschehens. In diesem Kapitel wurden mehrere Beispiele vorgestellt: die Karten zum Blockieren von Aktivitäten, um reines «Basteln» zu vermeiden, das Dashboard, das die Aktivitäten aller Teams zusammenfasst und den Lehrenden ein Gesamtbild vermittelt, und vor allem die Unterstützung beim Debriefing. Unser Kollege Miguel Nussbaum hat die Orchestrierung oder Instrumentation des Unterrichts einmal als «logistics of classroom management» – quasi die Logistik im Klassenraum –, bezeichnet, was durchaus richtig (und in unserem Zusammenhang sogar witzig) ist. Der Begriff Orchestrierung bezieht sich nicht auf eine Lerntheorie, sondern auf die tägliche Optimierung von Unterrichtsprozessen. In Universitätskursen haben wir weitere Widgets für die Orchestrierung entwickelt:

- Automatische Teambildung: Hier werden beispielsweise Lernende, die bei einer vorangegangenen Aktivität gegensätzliche Ergebnisse erzielten, in Zweiergruppen zusammengeführt (Dillenbourg & Jermann, 2010).
- Vorhersage der Abschlusszeit: Wenn 80 % der Lernenden eine Aktivität abgeschlossen haben, sollten die Lehrenden dann noch auf die restlichen 20 % warten, wohl wissend, dass die 80 % nicht mehr konzentriert bei der Sache sind? Das System prognostiziert, wie viele Lernende die Aufgabe pro zusätzlicher Warteminute abschließen (Faucon et., 2020).
- Priorisierung der Intervention von Unterrichtsassistenten: Während der Übungen nutzen die Teams ein Gerät namens Athe Lantern, das anzeigt, an welchen Übungen jedes Team arbeitet, wie lange und wie lange es auf Hilfe gewartet hat, und die Unterrichtsassistenten können ihre Aufmerksamkeit entsprechend zuordnen (Alavi et al., 2009).

Die Orchestrierung im Klassenraum geht über die TinkerLamp und über die berufliche Bildung hinaus. Bei der Betrachtung einer Lerntechnologie lassen sich hinsichtlich der «Usability» (Gebrauchstauglichkeit) drei Kreise unterscheiden (Dillenbourg et al., 2011). Der erste Kreis steht für das, was unter der Gebrauchstauglichkeit einer Mensch-Computer-Interaktion (HCI) üblicherweise verstanden wird, nämlich wie effizient ein einzelner Nutzer mit den digitalen Tools interagiert. Ein Beispiel hierfür ist die erste empirische Studie, über die in diesem Kapitel berichtet wird. Der zweite Kreis beschreibt, ob durch die Technologie die Teamarbeit erleichtert wird oder nicht. So können beispielsweise vier Auszubildende leichter mit dem TinkerLamp-Lager interagieren als mit einem auf dem Tablet präsentierten Lagermodell. **Der dritte Kreis bezieht sich auf die Benutzerfreundlichkeit im Klassenraum**, wie in Abbildung 6-9 dargestellt. Wie man sieht, haben die vier TinkerLamps jeweils eine andere Farbe. Spielt die Farbe eines Computers überhaupt eine Rolle? Nicht, wenn man bedenkt, wie eine Person mit ihm interagiert (Kreis 1) oder wie ein Team mit einer solchen Lampe arbeitet (Kreis 2). Die Farbe bietet dem Lehrer die Möglichkeit, das Team, das um die blaue oder rote Lampe herum sitzt, leichter anzusprechen. Sie erleichtert das Management im Klassenraum, repräsentiert durch Kreis 3.



Abbildung 6-9 • Spielt die Farbe der Computer eine Rolle?

Das Ende dieser Geschichte gefällt uns: Die Erfindung einer innovativen, auf die Manipulationen der Lernenden gerichteten Schnittstellentechnologie machte es notwendig, bestimmte Funktionen zu integrieren, damit die Lehrenden eingreifen und die Umwandlung der physischen Manipulationen in kognitive Operationen, also den Lernerfolg, unterstützen können. Die Orchestrierung des Unterrichts ist nicht als «politisch korrekte Botschaft» zu verstehen, damit die Lehrenden stärker in die Gestaltung von Technologien eingebunden werden; sie ist lediglich eine Voraussetzung dafür, dass diese Technologien das Lernen wirksamer fördern.

Anhang

	Paper/pen	TinkerLamp 1.0	TinkerLamp 2.0 NoTinkerBoard	TinkerLamp 2.0 WithTinkerBoard
Understanding	7.84 (2.85)	7.43 (2.82)	9.38 (2.03)	10.31 (1.70)
Problem-solving	5.16 (1.70)	5.15 (1.78)	6.44 (1.65)	6.59 (1.53)

Tabelle 6-1 • Die Ergebnisse der verschiedenen Versuche. TinkerLamp 2.0: mit Orchestrierungskarten und einigen weiteren Elementen. TinkerBoard: mit dem Dashboard für Lehrende.

Kapitel 7

Erfahrungen erweitern: In Zusammenarbeit mit Zimmerleuten

Pierre Dillenbourg, Sébastien Cuendet, Lorenzo Lucignano und Jessica Dehler-Zufferey

Nach dem erfolgreichen Einsatz des TinkerLamp-Systems in Logistiker-Klassen haben wir uns gefragt, ob der gleiche Ansatz (Augmented Reality/Tangible User Interfaces) auch für andere Bereiche der Berufsbildung sinnvoll wäre. Glücklicherweise wurden wir um diese Zeit vom Bundesamt für Berufsbildung angesprochen und gefragt, ob der TinkerLamp-Ansatz auf andere Berufe ausgedehnt werden könnte. Eine Idee war, unsere Lagersimulation in eine Supermarktsimulation umzuwandeln, die von Verkäufern genutzt werden kann. Eine weitere Idee war, an einer Simulation für Polizei- und Sicherheitsbeamte zu arbeiten: Wie würde man im Falle einer Noträumung eines Gebäudes oder einer Strasse Hindernisse aufstellen, um die Menschenmenge zu bremsen und so ein Massenpanik an Engstellen zu vermeiden. Schliesslich beschlossen wir, uns auf einen anderen Bereich zu konzentrieren, der schwierige Lernziele beinhaltet und viele Auszubildende betrifft: die Ausbildung der Zimmerleute. Tatsächlich war es eine Freude, mit ihnen zusammenzuarbeiten, insbesondere mit Philippe Ogay vom Centre d'Enseignement Professionnel de Morges (CEPM), mit Sandro Melchior von der Ecole de la Construction in Tolochenaz und mit allen Mitgliedern des Bildungsausschusses der Association Vaudoise des Charpentiers. Wie schon im Fall der Logistiker besuchten wir mehrere Unternehmen, sowohl in deren Werkstätten als auch auf Baustellen. Wir interviewten die Chefs und die Auszubildenden sowie die Lehrenden in der Schule und im Branchenzentrum, dessen Leitung uns sehr unterstützte.

Nach den ersten Gesprächen gaben wir die Idee einer Wiederverwendung der TinkerLamp auf und konzentrierten uns darauf, Qualifikationslücken zu identifizieren. Die erste Lücke – die Fähigkeit zum räumlichen Denken – war schnell gefunden, während uns die zweite – intuitives Statikverständnis – später von den Berufsbildnern des Handwerks berichtet wurde. Beginnen wir mit dem ersten Defizit. Die hier vorgestellte Arbeit wurde hauptsächlich von Sébastien Cuendet und Jessica Dehler-Zufferey ausgeführt. Zimmerleute arbeiten an einer dreidimensionalen Dachkonstruktion, die in der Regel in Form einer zweidimensionalen Zeichnung beschrieben wird. Sie bewegen sich also gedanklich zwischen einer 2D-Darstellung und einem 3D-Objekt hin und her. Das räumliche Denken ist in der Kognitionswissenschaft ausführlich untersucht worden und über seine Formbarkeit wurden bereits zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten verfasst (Martin-Gutierrez et al., 2011). Es gibt etablierte Tests zur Messung der räumlichen Vorstellungskraft, wie z. B. der Papierfalttest und der Rotationstest in Abbildung 7-1. Sie veranschaulichen sehr gut, was räumliches Denken bedeutet:

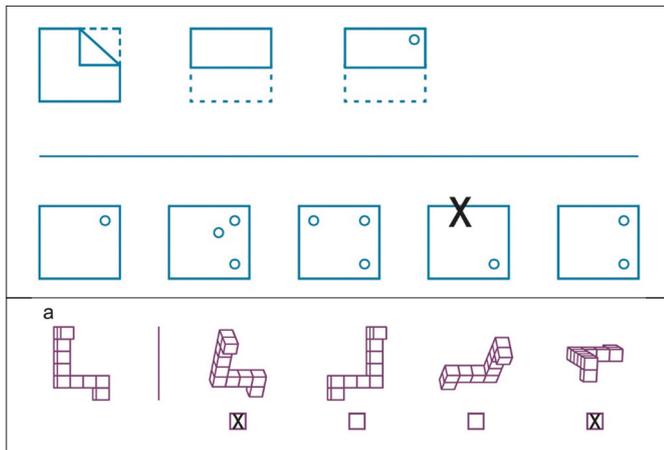


Abbildung 7-1 • Elemente aus zwei Tests zur Messung der Fähigkeit, räumlich zu denken: Papierfalzttest (oben) und mentaler Rotationstest (unten): Im Papierfalzttest wird in der Reihe oberhalb der Linie das Falten eines Papierbogens gezeigt, in den dann ein Loch gestanzt wird: Wie sieht das Papier nach dem Entfalten aus? In den Bildern unterhalb der Linie sind fünf mögliche Optionen dargestellt. Im mentalen Rotationstest lautet die Frage, welches der Objekte rechts von der Linie eine Rotation von Objekt (a) ist.

Von den Zimmerleuten werden allerdings komplexere Fertigkeiten erwartet als in diesen Tests impliziert. Die Pläne eines Daches zeigen zwei oder drei Ansichten desselben Hauses: von vorne, von der Seite und von oben (siehe Abbildung 7-2). Die Auszubildenden lernen in etwa drei Stunden pro Woche über drei Jahre, diese drei miteinander verbundenen Ansichten millimetergenau zu zeichnen. Einige Balken sind möglicherweise nicht parallel zu einer der drei orthogonalen (rechtwinkligen) Ebenen, sodass ihre wahre Länge nur zeichnerisch (mittels «Umlegen» der Form in eine Ebene) bestimmt werden kann. Das Problem ist, dass Auszubildende solche Methoden am Arbeitsplatz nur selten anwenden oder üben. In den Betrieben, die wir besichtigten, werden Dachpläne nicht von Auszubildenden erstellt, sondern von einer erfahrenen Fachperson. Eine weitere erfahrene Person übernimmt dann den Zuschnitt der Balken. Die Aufgabe der Auszubildenden beschränkt sich auf die Montage und die Feinjustierung. Auch greifen die Fachpersonen nicht auf Papier zurück, sondern nutzen branchenspezifische Computerprogramme wie CADWORKS® (CAD: computer-aided design). Einige dieser Tools erstellen nicht nur Pläne, sondern liefern auch alle Parameter für ein Gerät, das die Holzbalken bearbeitet und bohrt.

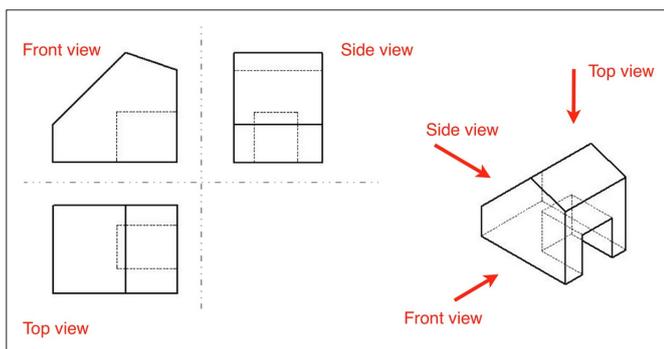


Abbildung 7-2 • Die 3 orthogonalen Ansichten der gleichen Konstruktion

Mit anderen Worten: Hier besteht die Qualifikationslücke im genauen Gegenteil dessen, was wir in der Logistik gesehen haben. Bei den Logistikern versuchte die Schule, über die Arbeitspraxis in den Betrieben hinauszugehen. Bei den Zimmerleuten ist der digitale Wandel viel früher am Arbeitsplatz angekommen als in der Schule; die Betriebe nutzen fortschrittlichere Technologien. Dennoch ist das Zeichnen von Hand so tief in ihrer Berufskultur verwurzelt, dass es äusserst schwierig

wäre, es aus dem Lehrplan zu streichen. Als wir die Lehrenden darüber befragten, argumentierten sie, dass es nicht möglich sei, den Einsatz von CAD zu lehren, da nicht alle Betriebe das gleiche CAD-System verwenden. Das stimmt teilweise, aber einige Prinzipien sind allen CAD-Systemen gemeinsam. Wir stehen hier vor einem Problem, das alle Bildungssysteme haben, auch die ETH: Es ist fast unmöglich, einen Konsens über die Streichung von Kursen zu erzielen. Wir hören Sätze wie «Ein Ingenieur, der X nie manuell berechnet hat, ist kein Ingenieur» oder «Wir mussten das durchmachen, also sollten die neuen Auszubildenden das auch durchmachen» – als wäre die Lehre wie ein Militärdienst. Da durch den Wandel der Berufe aber neue Fertigkeiten gefordert werden, etwa in der additiven Fertigung, muss man entweder die Ausbildung verlängern oder Inhalte streichen. Im gesamten Bildungswesen, nicht nur in der beruflichen Bildung, ist aber das Streichen von Inhalten nicht so einfach, was bereits 1939 mit der berühmten Satire «Das Säbelzahn-Curriculum» gezeigt wurde. Als wir die Zimmermeister fragten, ob das Zeichnen durch andere an Schulen zu vermittelnde Fertigkeiten ersetzt werden sollte, lehnten auch sie diese Idee ab. Tatsächlich konnten alle Zimmerleute, die wir trafen, selbst wenn sie sonst CAD-Tools nutzten, Verbindungen zwischen zwei Balken immer auch mit dem Bleistift (den sie in der Regel hinters Ohr geklemmt tragen) zeichnen. Sie akzeptierten war, dass der Zeichenunterricht verkürzt werden könnte, betonten dabei aber, dass Auszubildende jedes Detail einer Zeichnung verstehen und zwischen einem zweidimensionalen Plan und einer dreidimensionalen Konstruktion hin und her wechseln können müssen, wie oben bereits erwähnt. Nach diesen Besuchen war unsere Forschungsaufgabe klar: Lernaktivitäten zu entwerfen, die sich auf diese spezifische Schulung des räumlichen Denkens konzentrieren – **ein Objekt in Bezug zu seinen drei orthogonalen Ansichten zu setzen** –, ohne dass in der Schule viel Zeit und Mühe für das Zeichnen aufgewendet werden muss. Aber anders als bei den Bäckern, Köchen, Malern, Bekleidungsdesignern und Kosmetikern (auf die wir bereits in den Kapiteln 3, 4 und 5 eingegangen sind), würden die Auszubildenden die angestrebte Fertigkeit vielleicht nicht einmal am Arbeitsplatz üben.

Wir entwickelten eine neue AR-Lernumgebung, die wir TapaCarp nannten. Sie teilt mit der TinkerLamp-Anwendung das Ziel, die Aufmerksamkeit der Lernenden auf ihre Kernkompetenzen zu lenken und sie dabei von den zeitaufwändigen Aufgaben zu entlasten.

Im AR-Workspace von TapaCarp werden die orthogonalen Projektionen eines 3D-Objekts in Echtzeit dargestellt. In jeder orthographischen (senkrechten) Ansicht werden die Kanten entweder als durchgehende Linien dargestellt, wenn sie von diesem Standpunkt aus sichtbar sind, oder als gestrichelte Linien, wenn sie nicht sichtbar sind. Für die TapaCarp-Aktivitäten arbeiteten die Auszubildenden nicht mit Modellen ganzer Dächer, sondern mit kleinen Holzblöcken, deren dreidimensionale Form unterschiedlich komplex war. Sie konnten diese Blöcke direkt manipulieren, d. h. auf dem Tisch drehen oder nebeneinander platzieren. Für die Auszubildende ist es nicht einfach, die Linien der drei orthographischen Ansichten eines Objekts mit den entsprechenden Kanten des dreidimensionalen Objekts übereinzubringen. Diese Aufgabe setzt ein gewisses Mass an räumlicher Vorstellungskraft voraus. Ein Trick, der dabei helfen kann, ist die gleichzeitige Variation oder die dynamische Verbindung der 3D-Objekte mit den 2D-Ansichten: Das menschliche Gehirn ist gut gerüstet, um zu erkennen, wenn zwei Elemente gleichzeitig variieren. In Abbildung 7-3 zeigt TapaCarp die drei Projektionen des komplexen Holzobjekts, das sich in der rechten unteren Ecke des Arbeitsbereichs befindet. Dreht man das Objekt, werden einige unsichtbare Kanten sichtbar, während andere «verschwinden». Müssten die Auszubildenden den gleichen Holzblock vor und nach dem Drehen zeichnen, würde das nicht drei Sekunden, sondern drei Stunden dauern. Die pädagogische Augmentierung besteht in der dynamischen Verknüpfung eines bewegten Objekts mit seinen orthogonalen Projektionen.

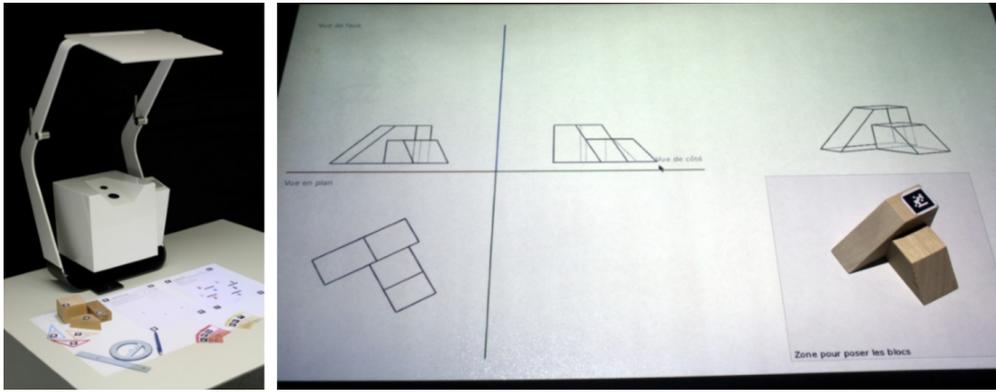


Abbildung 7-3 • Die Auszubildenden manipulieren das Holzobjekt und die TinkerLamp aktualisiert in Echtzeit die drei orthogonalen Projektionen

In einer unserer Studien untersuchten wir den Nutzen des physischen Holzblocks, da sich dessen digitale Darstellung beispielsweise mit einem nicht-figurativen Eingabegerät, wie z. B. Maus oder Token, leicht drehen lässt. Zur Überprüfung unserer Hypothese entwarfen wir eine Studie, bei der 44 Auszubildende in den drei Projektionen die Linie angeben mussten, die einer von der Lehrperson vorgegebenen Kante entspricht. Die Ergebnisse zeigten, dass der Nutzen des figurativen Objekts erst dann signifikant war, wenn eine Kante in der Seitenansicht identifiziert werden sollte (Abbildung 7-4, rechts). Das passt zu einer allgemeinen Erkenntnis, die wir in unseren Versuchen gewannen: Die mentale Visualisierung eines Objekts von der Seite ist für Lernende (und für uns) immer die anspruchsvollste Aufgabe. Bei diesem Versuch hatten die Auszubildenden eine Fehlerquote von 15 % bei der Seitenansicht gegenüber 6,8 % und 5,8 % bei den Ansichten von oben und vorn vorne.

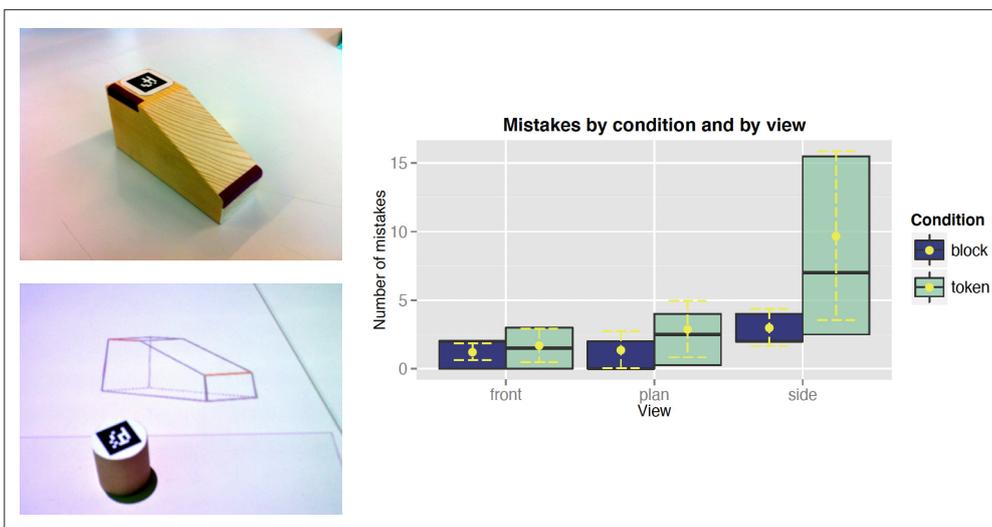


Abbildung 7-4 • Vergleich der Fehleranzahl (rechts) für verschiedene Ansichten unter Verwendung eines physischen 3D-Blocks (oben links) oder eines einfachen Tokens (unten links).

Zur Nutzung von TapaCarp in der Schule erstellten wir ein Heft mit 11 Aktivitäten für eine 50-minütige Unterrichtseinheit. Die Auszubildenden mussten lernen, die wahre Länge einer Kante, die zu keiner der drei Ansichten senkrecht steht, mithilfe der Technik zu berechnen, die man «Umlegen» nennt. Verglichen mit der in der Logistik entwickelten explorativen Pädagogik (siehe Kapitel 6) ähnelte unser Heft eher einem stufenweisen Unterrichtsplan nach dem Master-Lernkonzept. TapaCarp projiziert die orthogonalen Ansichten und andere Informationen nicht auf den Tisch, sondern direkt auf das Heft und erkennt dabei die Referenzmarken in der rechten oberen Ecke (Abbildung 7-5). Wir entwickelten ein erweitertes Heft mit vorgedruckten Arbeitsanweisungen, dem Projektionen eines Holzblocks in Echtzeit hinzugefügt werden kön-

nen. Auch wurden mehrere kleine Karten eingesetzt – ähnlich den Orchestrierungskarten bei der TinkerLamp –, um beispielsweise die Konstruktionslinien, die die orthogonalen Projektionen verbinden, anzuzeigen oder auszublenden. Da die Lehrenden dies wünschten, enthielt das Heft auch Zeichenaufgaben, (daher die Zeichenwerkzeuge in Abbildung 7-5), wobei sich das Projizieren auf Papier als Vorteil erwies. Am Ende wurde das kommentierte Heft unabhängig von der TapaCarp-Umgebung von zwei Gutachtern bewertet.

Wir verglichen die Ergebnisse von 24 Auszubildenden, die TapaCarp in Zweiergruppen nutzten, und 19 Auszubildenden, die das oben erwähnte Heft und Holzblöcke, allerdings ohne Augmentation, verwendeten. Das Heft war eigentlich für den Selbstunterricht mit Unterlagen auf Papier gedacht. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Lehrer, der mit der Papierversion arbeitete (wahrscheinlich aus Ehrgeiz, ein gutes Versuchsergebnis zu liefern), während des Unterrichts massiv eingriff, während der Lehrer, der mit der AR-Version arbeitete, dies nicht tat. Infolgedessen war der Lernerfolg bei der Papierversion fast (geringfügig) signifikant höher. Im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit stellten wir fest, dass die TapaCarp-Schnittstelle zu viele Karten für verschiedene Aktionen enthielt, wodurch sich der Zeitaufwand für die Suche nach der richtigen Karte erhöhte. Wie in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, sind solche Karten sehr nützlich, wenn es nur wenige davon gibt und die Lehrenden sie sparsam einsetzen. Die Auszubildenden fanden kreative Möglichkeiten, die Papierbögen, die projizierten Informationen, den Holzblock und ihre Werkzeuge zu kombinieren (siehe Abbildung 7-5).

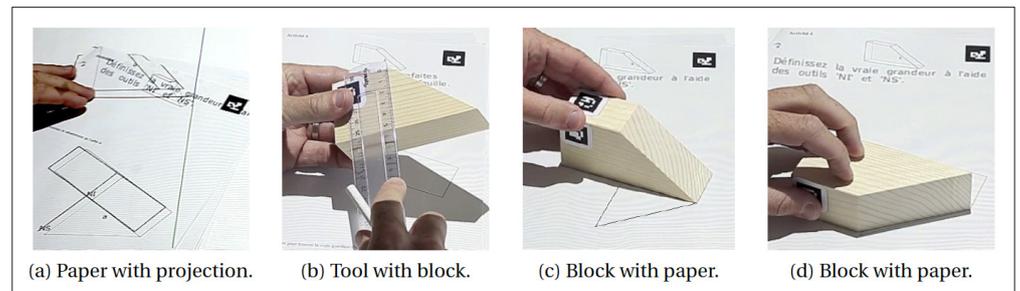


Abbildung 7-5 • Integration der Komponenten: Heftseiten (mit der Referenzmarke), Projektionen, Holzblock und Zeichenwerkzeug.

Einer unserer Versuche zeigt auch die Grenzen eines anfassbaren AR-Systems auf. Im vorangegangenen Versuch änderte sich die Form des Blocks nicht; er wurde so manipuliert, wie er war. Wir wollten jedoch auf eine komplexe Fertigkeit eingehen, die von den Auszubildenden verlangt wird: einen Balken so abzuschneiden, dass er mit einem anderen Balken verbunden werden kann. Wir setzten diese Aktivität in TapaCarp um. Die Logik ist komplexer als bei den bisherigen Beispielen, da die Auszubildenden hier Schnittebenen definieren und danach die Schnitte entsprechend ausführen müssen.

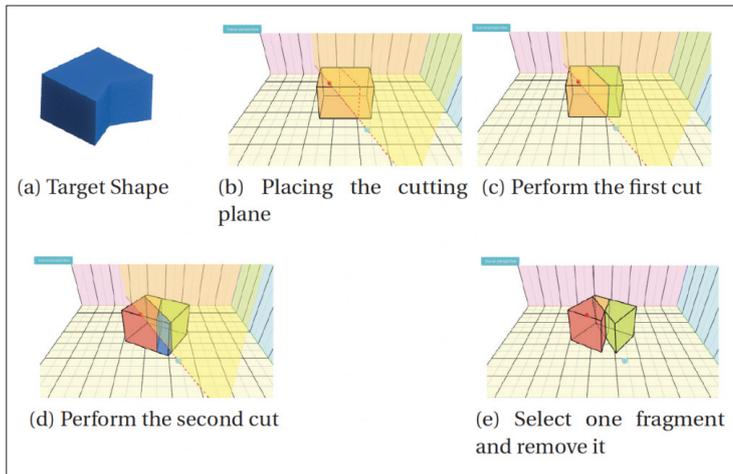


Abbildung 7-6 • Um die gewünschte Form (a) zu erreichen, sind zwei Schnittebenen zu definieren: eine in Grün (c) und die andere Rot (d), um den blauen Teil (d-e) zu entfernen (Lucignano et al., 2014).

Während die Auszubildenden das virtuelle Objekt virtuell zuschnitten, veränderte sich das physische Objekt in ihren Händen nicht. Das physische Objekt und das virtuelle Objekt entsprachen einander also nicht mehr. Das Objekt wurde so zu einem einfachen Manipulations-Token, wie im vorher berichteten Versuch. Es ist daher nicht verwunderlich, dass wir beim Vergleich der Lernenden, die für die Eingabe den Block verwendeten, mit einer Kontrollgruppe, die eine Maus benutzte, keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich zeitlichem Aufwand oder Qualität der Schnitte feststellen konnten (Lucignano et al., 2014). Wir überlegten, Styropor anstelle von Holz zu nutzen und das Material tatsächlich schneiden zu lassen; aber in einer Klasse mit 15 Lernenden wäre das sehr mühsam gewesen. Die Erkenntnis: Die Verwendung eines anfassbaren Objekts als Eingabegerät in einem AR-System setzt voraus, dass das physische Objekt dem erweiterten Objekt visuell stark ähnelt.

AR für ein intuitives Verständnis von Statik

Da wir ein vertrauensvolles Verhältnis zum kantonalen Bildungsausschuss der Zimmerleute pflegen, äusserten die Mitglieder eine neue Bitte. Soeben war eine neue Bundesverordnung herausgegeben worden, derzufolge ein intuitives Verständnis von Statik – genauer gesagt, des Kräftegleichgewichts in Dachkonstruktionen – vermittelt werden soll. Das Wort «intuitiv» lässt sich nicht wissenschaftlich messen, daher verwenden wir es hier mit Vorsicht. Gemeint ist, dass es nicht darum geht, die physikalischen Gesetze mathematisch anzuwenden, wie es bei der Ausbildung von Bauingenieuren der Fall ist. Im Berufsalltag der Auszubildenden bedeutet die Berücksichtigung der Statik, dass man über die Reihenfolge der Elemente bei der Montage oder Demontage einer Konstruktion nachdenkt. Ein 15-jähriger Auszubildender fragt sich vielleicht, bevor er die Baustelle verlässt, welches Bauteil vorrangig gesichert werden muss, wenn für den Abend starker Wind zu erwarten ist. Wenn Zimmerleute schwierigere Fragen zur Statik beantworten müssen (z. B. beim Bau eines Chalets), verwenden sie spezielle Software; für besonders schwierige Entscheidungen, etwa beim Bau einer Sporthalle, beziehen sie Bauingenieure mit ein.

Deshalb entwickelte Lorenzo Lucignano eine neue Umgebung, die StaticAR-Anwendung. Den Hintergrund für die AR bilden kleinformatige Modelle von Dachkonstruktionen. Die AR zeigt die Axialkräfte, die entlang der Balken wirken, und die Belastung, der diese ausgesetzt sind. Diesmal verwendeten wir kein Projektor-Kamera-System wie die TinkerLamp, sondern eine transparente Schnittstelle: Die Auszubildenden betrachten ein reales Modell eines Daches durch ein Tablet, das Angaben zur Statik liefert (Abbildung 7-7). Idealerweise hätten wir uns gewünscht, dass die Auszubildenden echte Dachkonstruktionen mit einem «Head-Mounted Display» (visuelles Ausgabegerät auf dem Kopf) betrachten. Aber diese Konstruktionen zu

digitalisieren, war nicht so einfach, denn eine Dachkonstruktion ist selten als Ganzes zu sehen, da sie sehr gross ist und viele Okklusionen und dunkle Zonen aufweist.



Abbildung 7-7 • AR mit transparentem Display

Hier gelten die oben beschriebenen Begriffe der didaktischen und rechnerischen Transposition, da wir mit vereinfachten Traversenmodellen gearbeitet haben. Traversen sind die typischen Tragwerke, die Dächer stützen. Die Analyse eines Tragwerkes besteht darin, die Art der auf seine Glieder wirkenden Axialkräfte zu verstehen und zu erkennen, ob alle Teile im Gleichgewicht sind, um eine stabile Konstruktion zu ergeben. Das Modell enthält mehrere Vereinfachungen, wie zum Beispiel die Abstraktheit der Verbindungen (z. B. spielt es keine Rolle, ob zwei Teile mit Nägeln oder mit Holzfügen verbunden sind), die nicht modellierte Unvollkommenheit der Holzmaserung oder die nicht berücksichtigte Wirkung der Kräfte, die nicht parallel zu den Teilen des Fachwerkes sind. Trotz dieser Vereinfachungen ist es aber gut geeignet, um zu untersuchen, ob das Tragwerk die Kräfte aufnehmen kann oder nicht, welche Grösse oder welches Holz für die Teile verwendet werden sollen oder was beim Austausch eines Teils passiert.

Der rechnerische Kern der Statikanalyse ist eine angepasste Version von Frame3DD, einer Open-Source-Anwendung, die unter der GPLv3-Lizenz veröffentlicht wurde. Die überlagerten Informationen zeigen in Blau oder Rot, ob ein Balken unter Druck oder unter Spannung steht. Die Holzart wird mit einigen Parametern beschrieben, die den Zimmerleuten bekannt sind (z. B. Standardfestigkeitsklasse). Diese Beschreibung wird anstelle der vielen Parameter verwendet, die die komplexen Holzmodelle in den Ingenieurklassen charakterisieren.

Wir haben mit Experten besprochen, wie sich Kräfte am besten visualisieren lassen, insbesondere wenn die Balken unter Druck oder Spannung stehen (Abbildung 7-8). Wir benutzten Federn und Pfeile als komplementäre Darstellungen desselben Konzepts. Die Federn vermitteln die Wirkung der Kraft auf die Balken, die Pfeile die Reaktion der Balken auf die Verbindungsstellen. Für Wissenschaftler ist dieses Prinzip von Aktion und Reaktion nichts Neues; aber dass «*ein Balken, wenn er komprimiert wird, gegen die Verbindungsstellen drückt, um ein Gleichgewicht der Kräfte herzustellen*», ist weder belanglos noch ein intuitiv verständliches physikalisches Konzept. Betrachtet man eine bestimmte Verbindungsstelle, so bilden die Pfeile der verbundenen Balken quasi ein Kräfte diagramm des Knotens (wobei nicht-axiale Kräfte vernachlässigt werden), aus dem sich ablesen lässt, wie das Gleichgewicht erreicht wird.

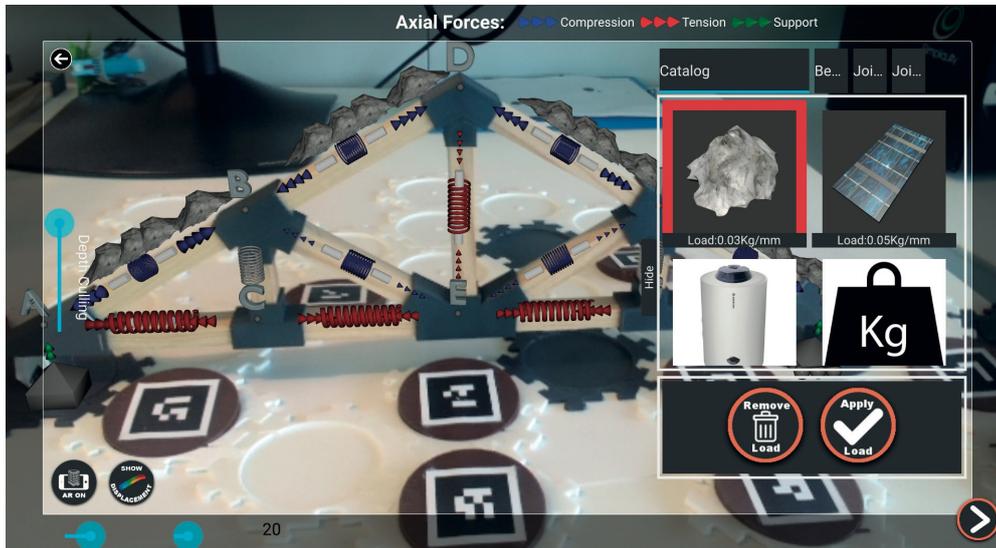


Abbildung 7-8 • Hinzufügen von Statik-Informationen zu den Balken

Wie bei früheren AR-Anwendungen ermöglichten wir den Lernenden, das Phänomen mittels **Manipulation** realer Objekte (Abbildung 7-8, rechte Seite) zu erkunden. Die Auszubildenden konnten drei Parametersätze manipulieren (Abbildung 7-9). Zum einen konnten sie Lasten auf das Dach legen, wie Schnee, Sonnenkollektoren, Wassertanks oder einfach ein grosses Gewicht. Solarmodule und Schnee sind für Zimmerleute interessant, da sie eine asymmetrische Belastung bewirken: Solarmodule werden (in der nördlichen Hemisphäre) auf südlich ausgerichteten Dachflächen platziert, während der Schnee auf den nach Norden gerichteten Flächen langsamer schmilzt. Beides führt zu einem Ungleichgewicht. Die Auszubildenden konnten die Balken auch selbst modifizieren, indem sie beispielsweise ein widerstandsfähigeres Holz oder grössere Balken wählten, wobei deren Einfluss auf die Kosten nicht zu vernachlässigen ist. Schliesslich konnten sie eine Verbindung auf dem Display auswählen und angeben, welche Art von Abstützung vorhanden war. Ist die Last, die von den Auszubildenden auf das Dach gelegt wird, höher als die Tragfähigkeit der Konstruktion, bricht die gesamte Konstruktion mit einem lauten Geräusch zusammen.

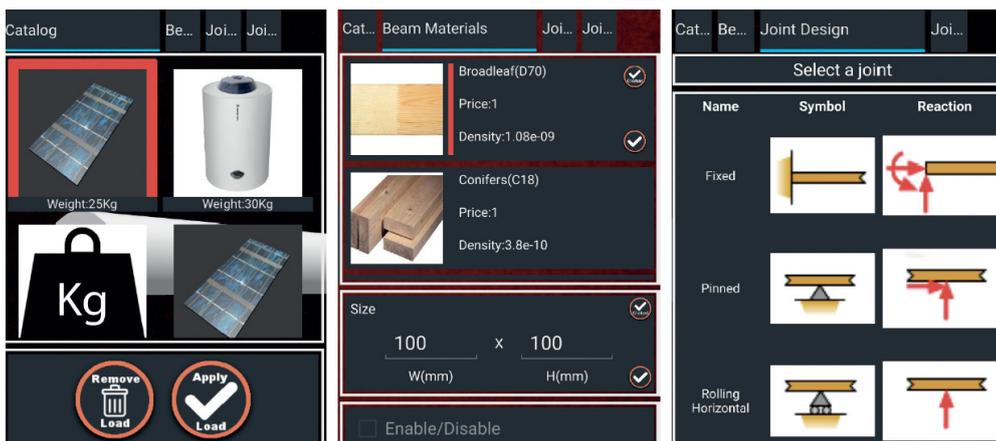


Abbildung 7-9 • Parameter, die Auszubildende manipulieren konnten

Zur Entwicklung des intuitiven Statik-Verständnisses konnte das System die Verformung der Balken um das 500-fache erhöhen (Abbildung 7-10, links) oder auf einen Balken zoomen und dessen Verformung weiter visualisieren (Abbildung 7-10, rechts).

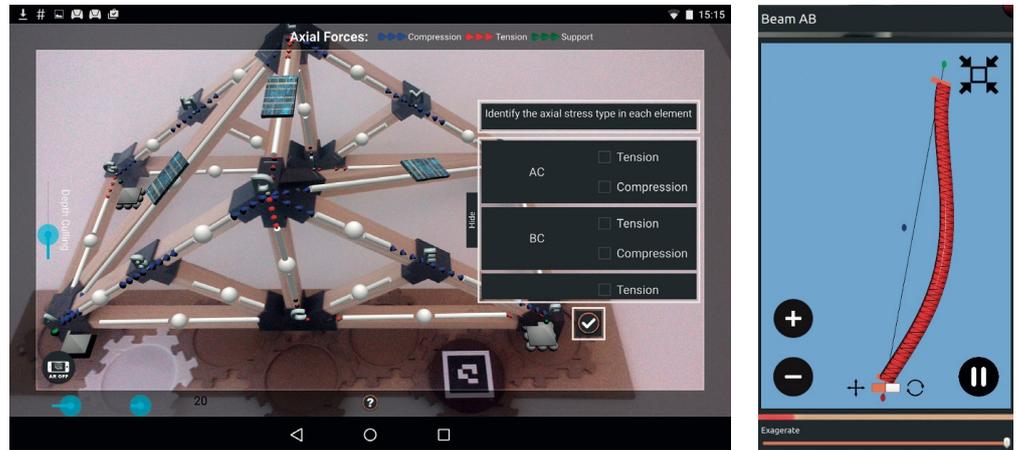


Abbildung 7-10 · Eine andere Möglichkeit, Kräfte zu visualisieren, bestand darin, die Verformung der Balken so stark zu übertreiben, als beständen diese nicht aus Holz.

Wie bei der TinkerLamp gingen wir nicht davon aus, dass Auszubildende die Gesetze der Statik von selbst entdecken, indem sie mit dieser phantastischen Anwendung spielen – auch nicht, wenn sie dies über einen längeren Zeitraum tun. Dem Konstruktivismus sind Grenzen gesetzt. Das Erkunden durch Manipulation muss in einen pädagogischen Kontext eingebettet sein. Hier, wie in der Logistik, war die zugrunde liegende pädagogische Idee «a time for telling». Die Auszubildenden würden schliesslich auf Schwierigkeiten stossen und die physikalischen Gesetze nicht wirklich kennen, könnten aber auf einige Elemente achten und sich Fragen stellen, die in der Nachbesprechung behandelt würden. Eine weitere Anekdote ist, dass bei der letzten Studie ein Auszubildender eines Betriebs, der Skirampen baut, das beste Ergebnis erzielte. Bei seiner Arbeit spielte wahrscheinlich die intuitive Physik eine grosse Rolle. Eines der schlechtesten Ergebnisse erzielte ein Auszubildender einer Firma, die Türen herstellt.

Aber es stellte sich noch eine andere Frage. Wenn die Auszubildenden das hölzerne Modell und die darauf angebrachten Gewichte nicht physisch manipulierten, welchen Mehrwert bot dann die Augmented Reality gegenüber der Virtual Reality? Die Lernenden konnten alles auf einem Tablet oder einem herkömmlichen PC erledigen und Parameter durch Wischen oder mit der Maus ändern. Worin besteht der Mehrwert, wenn man ein Tablet um ein Modell herum bewegt – so, wie man Gegenstände mit einer Lupe betrachtet? Wir vermuteten, dass die Antwort auf diese Frage von zwei Parametern abhängt: ob es sich um eine zweidimensionale oder eine dreidimensionale Konstruktion handelt und ob diese symmetrisch ist oder nicht. Wir experimentierten daher mit den vier Modellen, die in Abbildung 7-11 oben dargestellt sind. 25 Lernende bestanden den Test mit dem Tablet, das entweder auf ein Stativ mit Rädern (also beweglich) montiert war oder in der Hand gehalten wurde. Pro Konstruktion erhielten sie drei Aufgaben. Wir stellten mit Hilfe von Eye-Trackern fest, dass sie in beiden Fällen selten direkt auf die Holzkonstruktion schauten: Nur 1,2 % der Blickfunktionen waren direkt auf die Konstruktion gerichtet, was die Relevanz der Konstruktion in Frage stellt. Wir stellten allerdings fest, dass die Nutzer das Tablet eher um die 3D-Konstruktionen herum bewegten als um die 2D-Konstruktionen, wie die Heatmaps in Abbildung 7-11 unten zeigen. Darüber hinaus ergab unsere Analyse, dass die Person sobald sie ihre Position änderte, die Konstruktion eher betrachtete. Bei den Interviews berichteten sechs Teilnehmende explizit, dass sie sich die Konstruktion schnell angeschaut hatten, um die aufeinander folgenden Standpunkte zu bestimmen. Die zentrale Erkenntnis ist, dass der direkte Blick auf das physische Objekt dem Nutzer augenscheinlich hilft, bei einem Standortwechsel im physischen Raum orientiert zu bleiben. Er erleichtert die Abstimmung der natürlichen Perspektive der Versuchsperson mit der von der Tablet-Kamera vermittelten Perspektive. So kann die Person während der AR-Erfahrung müheloser im Raum bewegen.

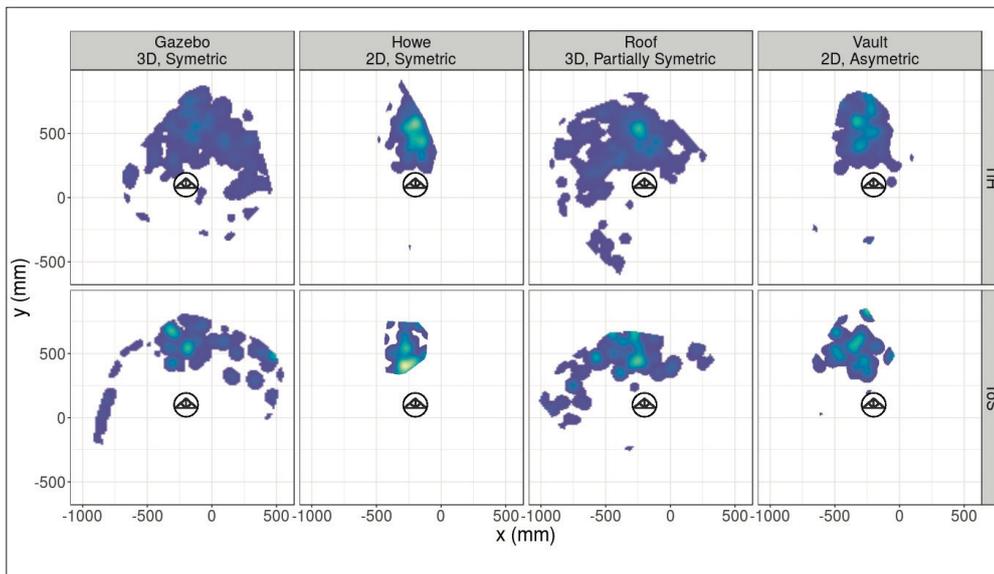
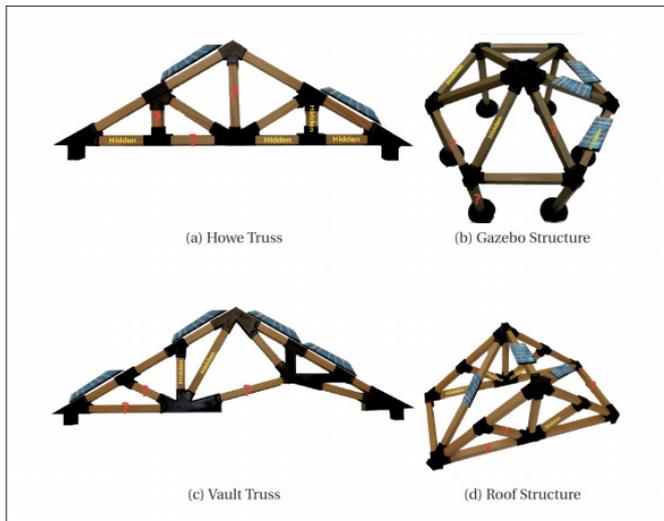


Abbildung 7-11 • Im oberen Rahmen sind die für den Versuch genutzten vier Dachmodelle abgebildet. Die Heatmaps im Rahmen darunter zeigen für jedes der vier Modelle die Position der Tablets im Umfeld der Konstruktion (Mitte) an, wobei die Tablets der oberen Reihe in der Hand gehalten wurden, während die in der unteren Reihe auf einem beweglichen Stativ montiert waren.

Überlegungen zu unserem AR-Ansatz

Wir haben verschiedene AR-Umgebungen für die Berufsbildung entwickelt. Im vorangegangenen Kapitel haben wir die von uns für Logistiker entwickelte TinkerLamp vorgestellt. In diesem Kapitel stellen wir zwei weitere AR-Beispiele für Zimmerleute vor, bevor wir im darauf folgenden Kapitel auf weitere AR-Umgebungen – für Gartenbauer und Floristen – eingehen. Während viele Wissenschaftler bestrebt sind, möglichst realitätsnahe virtuelle Welten (VR) zu entwickeln, unterscheiden sich die AR-Beispiele, die wir für dieses Projekt entwickelt haben, von der Realität. In der realen Welt werden die in einer Dachkonstruktion wirkenden Kräfte nur dann sichtbar, wenn das Dach zusammenbricht. Der Mehrwert von StaticAR bestand in der Tat darin, **etwas sichtbar zu machen, was normalerweise unsichtbar ist**.

Das Adjektiv «augmented» (erweitert) ist recht technisch. Es bezieht sich auf die Überlagerung eines realen Gegenstands oder einer realen Abbildung mit digitalen Informationen. Im ersten Fall, wenn die «erweiterten» realen Objekte physisch manipuliert werden können, wie bei der TinkerLamp, bevorzugen einige Autoren den Begriff «mixed reality» (MR). Dieser Begriff verweist auf eine besondere Stärke von AR- und

MR-Technologien: ihre Fähigkeit, die Grenzen zwischen dem physischen und dem digitalen Bereich zu verwischen. Anders als bei der VR, wo die gesamte Szenerie vom Computer erzeugt wird und der Nutzer in die virtuelle Umgebung eintaucht, lassen AR und MR dem Nutzer den Blick auf die physische Welt. Es entsteht eine bidirektionale Verbindung zwischen den digitalen und den physisch vorhandenen Objekten, wobei Erstere auf Veränderungen der Letzteren reagieren und Letztere mit computergenerierten Inhalten angereichert werden.

Die mit der TinkerLamp eingesetzten Kunststoffregale waren sowohl physische Objekte als auch Eingabegeräte. Bei der TinkerLamp wurde die Verbindung der physischen mit der digitalen Welt durch Fortschritte auf dem Gebiet der Bilderkennung möglich. Heutzutage kann jedes Objekt als Ein- oder Ausgabegerät dienen, sobald es mit winzigen Sensoren oder Aktoren versehen wird: Das «*Internet der Dinge*» schafft ein Kontinuum zwischen der physischen und der digitalen Welt. Das ist Teil der Unschärfe zwischen der physischen und der digitalen Welt. Während die TinkerLamp eine Ad-hoc-Technologie verwendete, nutzen die meisten AR-Umgebungen Head-Mounted Displays oder Durchsichtbrillen (der Benutzer sieht die Umgebung ganz normal durch die Brille, aber ergänzt durch digitale Informationen in der Brille). Die zentrale technologische Herausforderung bei der AR besteht darin, die angezeigten digitalen Informationen und das reale Bild mithilfe einer Kombination aus Bilderkennungstechniken und 3D-Lokalisierung aufeinander abzustimmen. Trotz dieser Schwierigkeit bevölkern AR-Technologien bereits den Markt, während unternehmensfertige Systeme erfolgreich an Industriearbeitsplätzen eingesetzt werden.

Typische professionelle AR-Anwendungen gibt es für die technische Wartung komplexer Maschinen, bei der technische Informationen zu verschiedenen Elementen hinzugefügt werden oder ein Reparaturverfahren Schritt für Schritt vorgeschlagen wird. Soll beispielsweise eine Einstellung einer komplexen Maschine geändert werden, ist es sinnvoll, die Informationen zu den Maschinenbauteilen direkt auf der Maschine abzubilden, anstatt z. B. in einem Handbuch, um dem Maschinenführer zu zeigen, wie er vorgehen muss und damit potenziell kostspielige und gefährliche Fehler zu vermeiden. Andere Anwendungen sorgen für Transparenz: Ein Arbeiter, der ein Loch in eine Wand oder eine Strasse bohren muss, sieht die unter der Oberfläche verborgenen Rohre und kann sie so umgehen oder finden. Diese Beispiele veranschaulichen, dass «Erweiterung» mehr ist als die Definition «Überlagerung mit Informationen» suggeriert. Es bedeutet auch «Erweitern» im Sinne einer Bereicherung der von den Nutzern ausgeführten Aufgaben um neue Funktionalitäten. Bei den oben erwähnten Bohrarbeiten ergibt sich beispielsweise ein deutlicher Mehrwert für die professionelle Anwendung. Wir gehen davon aus, dass immer mehr AR-Tools von Unternehmen bereitgestellt werden, die Geräte an andere Unternehmen verkaufen. Aber wie kann die gleichwertige nützliche Funktionalität für die Bildung aussehen? Wenn das System z. B. den Auszubildenden die Bezeichnungen der einzelnen Teile eines Automotors angibt, könnte das Anfängern helfen und Unfälle vermeiden; aber es würde auch verhindern, dass sie die Namen der Teile lernen. Jede Art von «Prothese» kann auch zum Verlust von Fertigkeiten führen: etwa eine Auftriebshilfe, die das Schwimmenlernen behindert oder eine Handy-Anrufliste, die bewirkt, dass man die Nummern der meisten Kontakte nicht (mehr) kennt. So streitet man auch um Fahrzeugdiagnosegeräte, die Tablets, die Kfz-Mechaniker in modernen Autos anschliessen, um eine Diagnose durchzuführen: Hindern sie Auszubildende daran, selbst geeignete Diagnosestrategien zu entwickeln, oder spiegeln sie einfach die zunehmende Komplexität der Fahrzeugelektronik wider? Offensichtlich interessiert sich unser Leading House nicht für die AR als eine Technologie, die Fertigkeiten abbaut, sondern als Möglichkeit, spezifische Kompetenzen zu erwerben. Dazu muss die AR-Umgebung so gestaltet werden wie in diesem Kapitel erläutert.

Immersion: perzeptiv oder kognitiv?

Ein pädagogisches Ziel der VR (mehr als bei der AR) ist es, Lernsituationen zu schaffen, in denen reale Situationen nicht zugänglich sind, da zu gefährlich für die Auszubildenden selbst (Ausbildung von Feuerwehrleuten) oder für eine andere Person (Ausbildung von Krankenschwestern), zu teuer (Reparatur eines Rolls-Royce-Motors),

zu selten (Seilbahnunfall), zu schnell (Explosion), zu langsam (Pflanzenwachstum) oder zu klein (innerhalb eines Motors oder eines Schiffes). Entscheidend für diese Anwendungen ist die Ähnlichkeit mit der Realität: Würde ein Feuerwehrmann oder Pilot emotional so reagieren wie in der realen Situation? In der Krankenpflegeausbildung werden heute oft Simulationspatienten eingesetzt: Würden die Auszubildenden sich aber genauso verhalten, wenn ein echter Mensch in Gefahr wäre? Eine stärkere Immersion kann mit besseren Lernerfolgen einhergehen, beispielsweise im Hinblick auf das konzeptionelle Verständnis (Georgiou & Kyza, 2018). Vertrauen wir unser Leben nicht auch Menschen an, die mit sehr realistischen Flugzeugsimulationen ausgebildet wurden?

Die AR/VR bietet Auszubildenden neue Erfahrungen, aber **es braucht eine Möglichkeit, über das Geschehene nachzudenken, um Erfahrung in Wissen zu verwandeln**. Bei der Ausbildung von Piloten, Feuerwehrleuten oder Einsatzteams findet diese Reflexion im Rahmen von Nachbesprechungen statt. Reflexion wird hier nicht als Suche nach dem Sinn des Lebens verstanden, sondern als Rückblick auf das Geschehene während der AR-/VR-Erfahrung, um es der Analyse und weiteren Ausarbeitung zugänglich zu machen. Die Reflexion mit unseren Logistikerinnen und Logistikern resultierte aus konkreten Aktivitäten, wie dem Vergleich der Lagerleistungen, der Erklärung, woher die Unterschiede in der Performance verschiedener Lageraufbauten herrühren oder der Vorhersage von Leistungsindikatoren. Bei den Zimmerleuten resultierte die Reflexion aus dem langsamen Drehen des Blocks und der Vorhersage der unterschiedlichen Werte, welche die Projektion zeigen könnte.

Das Streben nach einem immersiven Gefühl ist berufsrelevant und zunehmend präsent in der Berufsbildung im Gesundheitssektor, war aber kein Ziel unserer Arbeit. Die AR-/VR-Umgebungen, mit denen wir in der Berufsbildung experimentiert haben, waren nicht so konzipiert, dass sie immersiv sind, abgesehen von der VR-Gartenwelt (siehe nächstes Kapitel). Selbst bei dieser VR, bei der Gartenbauer den von ihnen entworfenen virtuellen Garten betreten, haben wir den visuellen Realismus in gewisser Weise geopfert, um freie VR-Technologien (d. h. mit geringerer Bildauflösung) zu nutzen. Immersion muss jedoch nicht vollständig wahrnehmbar sein; sie kann kognitiv sein. Wir haben tatsächlich vereinzelte Belege, dass beim Einsatz der TinkerLamp ein gewisses Gefühl der Immersion möglich ist. Ein Auszubildender erklärte, dass die Auszubildenden die Regale in seinem Lagerhaus so aufstellten, dass sie rauchen konnten, ohne von ihren Chefs gesehen zu werden. Er reproduzierte diese Konfiguration mit der TinkerLamp. Er schien sein eigenes Erleben eines echten Lagers in dieses vereinfachte Modell mit ein paar Regalen zu projizieren. Ein dazu passendes Beispiel stammt aus einer Klasse von Zimmerleuten in Luzern, die uns ein physikalisches Modell eines Stahldachs zeigte, aber einräumte, dass sie dieses nicht mehr benutzen würden, weil sie kaum glauben konnten, dass sich ein Metaldachstuhl ähnlich verhält wie ein Holzdachstuhl. Sie hielten unser mit digitalen Informationen angereichertes Holzmodell für geeigneter.

Aus solchen Anekdoten entwickelt man keine Theorien. Interessant ist aber, dass die Kunststoffregale der TinkerLamp oder die Holzblöcke von TapaCarp realen Objekten, die unterschiedliche Formen, Abmessungen und Farben haben können, optisch nicht entsprechen. **Wir opferten die Wahrnehmungstreue für die kognitiven Vorteile**. In der Realität müssten Auszubildende Regale erst demontieren, um sie bewegen zu können, aber das spielt bei der Optimierung eines Lagerlayouts keine Rolle. Auch die Auszubildenden, die unsere Simulation für Zimmerleute nutzen, könnten in der Realität die Grösse eines Balkens nicht ohne grossen und kostspieligen Aufwand verändern.

Mit anderen Worten: Die realistische Wahrnehmung, die eine Immersion bewirkt, kann wichtig für ein Training sein, bei dem das emotionale Management kritischer Situationen erlernt werden soll. Um die kognitiven Prozesse auszulösen, die ein Lernergebnis bei der Lageroptimierung oder bei den Aufgaben für die Zimmerleute bewirken, ist sie nicht nötig. Anstelle der Immersion beobachteten wir eine Art **Projektion**: Die Auszubildenden projizierten sich in das Modell eines Lagers hinein. Letztlich ist das nicht überraschend. Wer einen Roman liest, in ein Bergsteiger am Rande eines Berges steht und seine Handschuhe und Eispickel verloren hat, während

ein gewaltiger Sturm droht, über den Berg zu fegen, versetzt sich schliesslich auch in die Lage dieses Helden. Blosser Worte können bewirken, dass ein Leser Angst, Sorge, Glücksgefühle oder Verliebtheit empfindet: Wir versetzen oder projizieren uns in eine Situation, weil unser Gehirn aus Worten, Texten oder Ideen Bildlandschaften erschaffen oder neu erfinden kann. Dieses Erschaffen ist ein individueller Vorgang: Zwei Auszubildende, die mit der TinkerLamp arbeiten, können daher unterschiedliche Schauplätze beleuchten und das abstrakte Modell mit dem physischen Lager vergleichen, in dem sie selbst arbeiten. Manche Lager befinden sich im Freien (Baustoffe), andere wiederum beherbergen überwiegend Kühlschränke. Genauso stellen sich manche Leser den oben beschriebenen Bergsteiger als alten Mann vor, andere als junge Frau.

Didaktische und rechnergestützte Transposition

Als wir die TinkerLamp professionellen Logistikern zeigten, die das Apothekenlager eines grossen Krankenhauses verwalteten, bekundeten sie ihr Interesse, die Lampe als Optimierungswerkzeug für sich selbst und nicht als Unterrichtsmittel für ihre Auszubildenden einzusetzen. Wir mussten sie enttäuschen: Die TinkerLamp ist eine vereinfachte Simulation, kein professionelles Werkzeug. Dasselbe gilt für unsere AR für angehende Zimmerleute (StaticAR): Profis, die zum Beispiel eine Sporthalle entwerfen müssen, verwenden sehr ausgefeilte, teure und akkreditierte Software, nicht unsere didaktischen Tools. Unsere AR-Tools bringen eine gewisse Vereinfachung der Realität mit sich, die für die Kommunikation mit Kunden nützlich sein könnte, aber meistens haben sie eine didaktische Funktion, die als «didaktische Transposition» bezeichnet wird.

Im französischen Bildungswesen gibt es sogenannte «Didaktiker», das sind Wissenschaftler, die auf ein Fach spezialisiert sind. So etwa die Fachdidaktiker für Physik. Ihre Expertise in der Wissenschaftslehre zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen dem, was in der Schule unterrichtet wird, und dem Stand der Wissenschaft auf. Diesen Unterschied bezeichnet man auch als «didaktische Transposition» (Bronckart & Plazaola Giger, 1998). Kurz gesagt: Was gelehrt wird, ist oft notwendigerweise eine Teilmenge des wissenschaftlichen Wissens und vielfach eine Vereinfachung. Wenn der Physiklehrer im Unterricht zum ersten Mal die Bewegung eines Projektils thematisiert, geht er vielleicht auf den Winkel, die Anfangsgeschwindigkeit und die Schwerkraft ein, sehr wahrscheinlich aber nicht auf die Luftreibung und die Corioliskraft. Auch die TinkerLamp arbeitet mit zahlreichen Vereinfachungen: Alle Regale sind gleich, alle Waren sind gleich (es gibt keine frischen, tiefgefrorenen oder zerbrechlichen Waren).

Die didaktische Transposition sollte eine explizite Entscheidung der Lehrenden oder der Designer sein. Beinhaltet das System eine Simulation, gibt es auch eine rechnerische Transposition (Balacheff, 1994), denn ein Rechenmodell ist immer eine Annäherung an das reale Phänomen. Die TinkerLamp arbeitet mit einem vereinfachten Modell eines Lagers, in dem Gabelstapler unabhängig von der Last, die sie bewegen, immer gleich schnell fahren. Sie bremsen nicht ab, wenn sie sich drehen; sie brauchen die gleiche Zeit, um ein Objekt ganz unten oder ganz oben in einem Regal abzuliegen, und so weiter. Diese Details sind für das Verständnis logistischer Prinzipien unerheblich, aber es ist wichtig, sie im Rahmen der Ausbildung anzusprechen. Je nach Beruf und Studienfach kann das Bewusstsein für diese Details auf unterschiedliche Weise geschärft werden, beispielsweise durch den Vergleich der realen Phänomene mit den simulierten Modellen. In dem von Salzmann, Gillet und Huguenin (2000) vorgeschlagenen Ansatz wurden die Lernenden auf die rechnerische Näherung aufmerksam gemacht, indem sie die Messungen eines realen elektrischen Antriebs mit denen einer MatLab®-Simulation in Beziehung setzten. Auszubildende werden in ihrem Leben einer wachsenden Zahl von Computermodellen begegnen, sodass sie sich der Näherungswerte dieser Werkzeuge und ihrer Auswirkungen bewusst sein müssen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die in diesem Buch vorgestellten AR-Tools sowohl aus einer didaktischen als auch aus einer rechnerischen Transposition resul-

tieren. In StaticAR wird beispielsweise keine Analyse des Belastungszustands der Verbindungsstellen in einer Dachkonstruktion durchgeführt. Die Verbindungsstellen werden aus zwei Gründen als unzerstörbar modelliert: Um Auszubildenden eine Vorstellung von Statik zu vermitteln, scheint dies eine sinnvolle Vereinfachung zu sein; eine andere Gestaltung der Verbindungsstellen hätte in StaticAR eine komplexe Modellierung der Holzverbindungen und Verbindungselemente erfordert.

Was heisst das nun?

Die Umgebungen, die wir für Zimmerleute entwickelt haben, erweitern die Lernaktivitäten technisch mit visuellen Informationen über die verwendeten Holzobjekte. Hinsichtlich der pädagogischen Bedeutung der «Erweiterung» zeigten die Experimente sowohl den Mehrwert (z. B. dynamische Verknüpfung mit orthogonalen Projektionen) als auch die Grenzen dieser Umgebungen auf (z. B. verändert sich der anfassbare Block beim Schneiden nicht). Die Experimente zeigten auch, dass der «Teufel im Detail» liegt, dass z. B. der Durchsicht-Ansatz bei dreidimensionalen Konstruktionen wichtiger ist als bei zweidimensionalen.

Aber unser Hauptargument betrifft den Begriff «Realität» in der AR. Während viele Forschende versuchen, möglichst realitätsnahe VR-Welten zu entwickeln, unterscheiden sich die AR-Beispiele bisher von der Realität. In der realen Welt werden die in einer Dachkonstruktion wirkenden Kräfte nur dann sichtbar, wenn das Dach zusammenbricht. Der Mehrwert von StaticAR bestand in der Tat darin, **etwas sichtbar zu machen, was normalerweise unsichtbar ist**. In der realen Welt sieht man ein Objekt nicht gleichzeitig aus zwei orthogonalen Blickwinkeln wie in TapaCarp (es sei denn, man benutzt Spiegel). Betrachten wir nun die TinkerLamp. In der realen Welt bewegen wir keine vier Regale mit zwei Fingern und organisieren ein Lager nicht in 30 Sekunden neu. Der Mehrwert besteht darin, **etwas möglich zu machen, was in der realen Welt normalerweise nicht möglich ist**.

Das heisst, die Auslegung der AR muss zwei Eigenschaften haben: Zum einen sollte die simulierte Situation vor allem kognitiv plausibel sein, nicht unbedingt realistisch in der Darstellung: Bei der TinkerLamp oder mit StaticAR manipulieren Auszubildende vereinfachte Abbildungen, die dennoch die angestrebte kognitive Aktivität auslösen können. Die zweite Eigenschaft könnte für den Leser überraschend sein: **Die pädagogische Erweiterung, die diese AR-Umgebungen bieten, ergibt sich daraus, dass sie sich von der Realität unterscheiden**: etwas Unsichtbares wird sichtbar oder etwas, das in der Realität nicht oder nur schlecht zugänglich ist, wird (in gewissem Umfang) realistisch erlebbar. Dies betrifft nicht nur Unterschiede bezüglich der Wahrnehmung (das Unsichtbare sichtbar machen), sondern auch in Bezug auf die Interaktion: **was sich in der AR – anders als in der Realität – leicht manipulieren lässt**. Nicht alle «unmöglichen» Dinge sind pädagogisch interessant (z. B. zwei Elefanten auf ein Dach zu stellen). Wir glauben, dass die Zukunft der AR für die Bildung im Allgemeinen und die Berufsbildung im Besonderen darin liegt, dass Designer Unterschiede zwischen AR und Realität erfinden und zeigen können, dass sich durch die AR für die jeweilige Lernaufgabe ein pädagogischer Mehrwert ergibt.

Kapitel 8

Erfahrungen ausdehnen: In Zusammenarbeit mit Floristen und Gartenbauern

Pierre Dillenbourg, Kevin Gonyop Kim

Im Laufe der Jahre haben wir uns auch mit anderen Berufsfeldern auseinandergesetzt. In diesem Kapitel berichten wir über unsere Arbeit mit Gartenbauern und Floristen. Wir setzten unsere Arbeit dort fort, wo wir mit den Zimmerleuten aufgehört hatten und konzentrierten uns weiter auf den Bildungswert von «Augmented Reality». In der Zusammenfassung des vorangegangenen Kapitels haben wir darauf hingewiesen, dass eine wesentliche pädagogische Eigenschaft der AR für das Bildungswesen ist, dass sie Interaktionen ermöglicht, die in der Realität nicht so einfach durchzuführen sind. Mit den AR-Werkzeugen, die in diesem Kapitel vorgestellt werden, können Auszubildende tatsächlich Dinge tun, die nur Zauberern oder Göttern vorbehalten sind: die Farbe von Blumen ändern, die Sonne bewegen oder in die Zukunft reisen. Was wir hier berichten, ist vor allem das Werk von Kevin Gonyop, Catharin Oertel und Joseph Vavala.

Erfahrungen ausdehnen

Am Arbeitsplatz können saisonal wiederkehrende Aufgaben anfallen, bei denen Auszubildende wiederholt die gleiche Arbeit verrichten. Junge Kfz-Mechaniker in einer Schweizer Werkstatt machen voraussichtlich im Herbst sechs Wochen lang fast nichts anderes, als Winterreifen einzurichten. Jeder Autobesitzer eilt bei den ersten Anzeichen des nahenden Winters in die Garage. Diese vielen Wiederholungen derselben Aufgabe stärken die Kompetenzen der Lernenden und tragen massgeblich dazu bei, deren Effizienz und Zuverlässigkeit zu erhöhen. Die dafür speziell eingerichteten Routinen sind ein Vorteil, der in vielen Berufen sehr geschätzt wird. Kein Autobesitzer wünscht sich, dass Auszubildende bei der Erfüllung solcher Routineaufgaben «innovativ» sind. In anderen Berufen mag es jedoch wertvoller sein, andere Lösungen zu finden und aussergewöhnliche Vorschläge zu machen. Angehende Floristen verbringen zwar viele Tage damit, ausschliesslich Sträusse aus roten Rosen zu binden, wenn der Valentinstag naht, aber niemand würde tatsächlich wollen, dass alle Tischdekorationen gleich aussehen oder der Strauss für die Ehefrau exakt dem ihrer Schwester oder Freundin gleicht. Viele KMU sind auf bestimmte Produkte spezialisiert, die zwar zu ihrer Marktnische oder ihrem Stil passen, aber die Kreativität und die Erfahrungen, die Auszubildende während ihrer Lehrzeit sammeln können, einschränken.

So entsteht eine Art «Kreativitätslücke», in der Auszubildende kaum Möglichkeiten haben, innerhalb ihres Fachgebiets neue Vorstellungen zu entwickeln. Wie bereits erwähnt, wird dieser Nachteil teilweise durch die Schule kompensiert, da die Auszubildenden dort ihre Erfahrungen mit anderen Lernenden teilen, die an verschiedenen Arbeitsplätzen ausgebildet werden. Die e-DAP-Plattform (Kapitel 3) und die Realto-Plattform (Kapitel 4 und 5) fördern diesen Erfahrungsaustausch ausdrücklich. Wir verfolgten in diesem Projekt den Ansatz, **AR als eine weitere Möglichkeit zu betrachten, die Erfahrungen der Auszubildenden am Arbeitsplatz auszuweiten und ihre Kreativität und Phantasie zu entwickeln**. Ausgangspunkt ist hier eine reale Erfahrung, also ein echter Blumenstraus oder ein Gartenprojekt, an dem Auszubildende gearbeitet haben. Das ist das «R» in AR. Das «A» bedeutet, eine Vielfalt von Objekten zu erzeugen, die auf das reale Objekt zurückgehen; also die Menge der Objekte, die den Auszubildenden begegnet sind, praktisch zu erweitern und so ihre Erfahrung zu erweitern und ihr Denken für alternative Lösungen oder Vorschläge zu öffnen.

Mit anderen Worten: **Wir erforschen AR-Tools, die unzählige virtuelle Objekte erzeugen, die als Variationen des ursprünglichen realen Objekts produziert**

werden könnten. Stellen Sie sich vor, das Design des Objekts ergibt sich aus einer Reihe von zehn Wahlmöglichkeiten mit jeweils fünf Alternativen: Blumentyp eins bis fünf, Farben eins bis fünf, Länge eins bis fünf. Kombiniert man alle Alternativen und Auswahlmöglichkeiten miteinander, ergeben sich 510 Alternativen, das heisst, ein Gestaltungsraum mit fast zehn Millionen möglichen Designs. Das kann erstens dazu führen, dass sich die angehenden Designerinnen und Designer in dieser übermässigen Vielfalt verlieren. Darüber hinaus ist diese Art des Umgangs mit Gestaltungsmöglichkeiten sehr abstrakt und akademisch. Sie vernachlässigt sowohl die Machbarkeit mancher Konfigurationen als auch andere Aspekte wie Kultur, Eleganz, Funktionalität, Kosten, Haltbarkeit und Kundenerwartungen. Aus pädagogischer Sicht bleibt jedoch die Frage: Könnten Auszubildende von der Navigation durch einen solchen Gestaltungsraum, d. h. von den nahezu unzähligen Variationsmöglichkeiten eines realen Objekts, profitieren? Vielleicht ist der Gestaltungsraum ja gar nicht intuitiv.

Die Erkundung des Gestaltungsraums

Im Erfahrungsraum-Modell (siehe Kapitel 2) erfassen Auszubildende ihre Berufserfahrung mit verschiedenen Mitteln, u. a. mit Bildern und Videos. Wir wollten noch einen Schritt weiter gehen und Erfahrungen in Form von dreidimensionalen Objekten festhalten. Die Bildverarbeitungsfunktion der Mobiltelefone hat sich inzwischen so weit verbessert, dass man 3D-Modelle von Gegenständen generieren kann, indem man die Smartphonekamera einfach um einen Gegenstand herum bewegt. Natürlich ist es schwierig, 3D-Bilder in diesem Buch darzustellen, aber der Strauss links in der Abbildung 8-1 ist ein 3D-Objekt, das sich um jede Achse drehen lässt. Da wir frei zugängliche Software verwendet haben, ist die Qualität des Renderings, vor allem bei komplexen internen Strukturen, bei weitem nicht perfekt. Inspiriert wurden wir von der Möglichkeit, die farbliche Gestaltung zu verändern, um Blumensträuße wie die



beiden Beispiele in Abbildung 8-1 neben dem ursprünglichen Strauss zu generieren.

Abbildung 8-1 • Der Strauss links ist ein 3D-Modell, das mit der 360°-Kamera eines Smartphones erzeugt wurde. Die beiden Sträuße wurden auf Basis dieses Modells virtuell durch Veränderung der Farben erzeugt.

Diese ersten Versuche waren der Auslöser für die zentrale Idee dieses Kapitels: Was, wenn wir den Auszubildenden ermöglichen würden, Variationen ihres echten Gegenstands virtuell zu erkunden? Wir haben unserem allgemeinen Konzept des «Erfahrungsraums» die Möglichkeit eröffnet, sich zu einem «Breiterfahrtraum» zu erweitern (einer von uns erfindet gerne neue Begriffe).

Der Gestaltungsraum, der jedes Objekt umgibt, hat unendlich viele verschiedene Dimensionen, wenn wir etwa einen Blumenstrauß, einen Garten, einen Stuhl oder eine Torte betrachten. Wir haben uns entschieden, **drei Dimensionen der Erweiterung** zu untersuchen, also drei Arten von Transformationen, die auf ein Objekt angewendet werden können, um ein neues Objekt im Raum zu generieren.

- **Parametrische Dimension:** Modifizieren Sie, ausgehend von Objekt X, ein oder mehrere Merkmale (z. B. Farbe, Textur), um Objekt X' und iterativ X'', X''' und so weiter zu erzeugen.

- **Zeitliche Dimension:** Berechnen Sie, ausgehend von Objekt X, wie dieses Objekt zu einer anderen Zeit aussehen würde: morgens oder nachmittags, im Frühling oder im Herbst, jetzt oder in fünf Jahren. Diese Dimension haben wir auf die Gartengestaltung angewendet. Für andere Objekte, die sich im Laufe der Zeit nicht stark verändern (beispielsweise ein Stuhl), würde man sie nicht anwenden.
- **Soziale Dimension:** Erzeugen Sie, ausgehend von Objekt X (entworfen von Person A) und Objekt Y (entworfen von Person B) ein neues Objekt, das Eigenschaften von X und Y vereint, so wie ein Kind genetische Merkmale von Mutter und Vater vereint.

Die Auswahl dieser Dimensionen unter vielen möglichen ergab sich aus der Beobachtung der Schwierigkeiten, denen Auszubildende bei ihrer täglichen Arbeit begegnen, z. B. wenn sie Variationen eines Blumenstrausses anfertigen oder sich vorstellen müssen, wie sich ein Garten in der Zukunft entwickeln könnte. Die folgenden Abschnitte beziehen sich auf diese Dimensionen. Wir beschreiben dort, wie die Auszubildenden mit diesen Dimensionen umgingen.

Die parametrische Dimension (mit Floristen)

Bei einem Blumenstraus können mehr Merkmale als nur die Farbe (siehe Abbildung 8-1) verändert werden. Nach einer Diskussion mit den Lehrenden untersuchten wir drei weitere Merkmale (siehe Abbildung 8-2): die Textur, die Form des Strausses und die Abstände zwischen den Blüten (Kim et al., 2021). Wir verwendeten hierzu BloommyPro, ein Softwarepaket, das heute in 300 Schulen eingesetzt wird und von dem gleichnamigen niederländischen Unternehmen entwickelt wurde, das freundlicherweise mit uns zusammengearbeitet hat. Dessen Plattform nutzt eine Bibliothek mit hochauflösenden 3D-Modellen von 3877 Blumen, die individuell präsentiert werden und von den Anwendern der Software beliebig zusammengestellt werden können.

Wir wollten wissen, wie Auszubildende diesen Gestaltungsraum eines ersten Strausses erkunden. Der ursprüngliche Strauss (in diesem von uns entworfenen Versuch) wird in der Mitte des linken Bildschirmteils angezeigt (Abbildung 8-2). Die Auszubildenden können ihn rechts im Bildschirm in einer vergrößerten Ansicht als 3D-Modell betrachten und verändern. Rund um das aktuelle Design schlägt das System vier neue Designs vor, in denen Farbe, Form, Textur oder Abstand verändert sind. Wählt man zum Beispiel das Design oben rechts aus, wird es in der Mitte als neues «aktuelles Design» mit vier neuen Varianten vorgeschlagen. Damit Auszubildende in diesem Cyberspace nicht die Übersicht verlieren, werden die bisherigen Entwürfe oben in einer History-Leiste chronologisch aufgelistet.

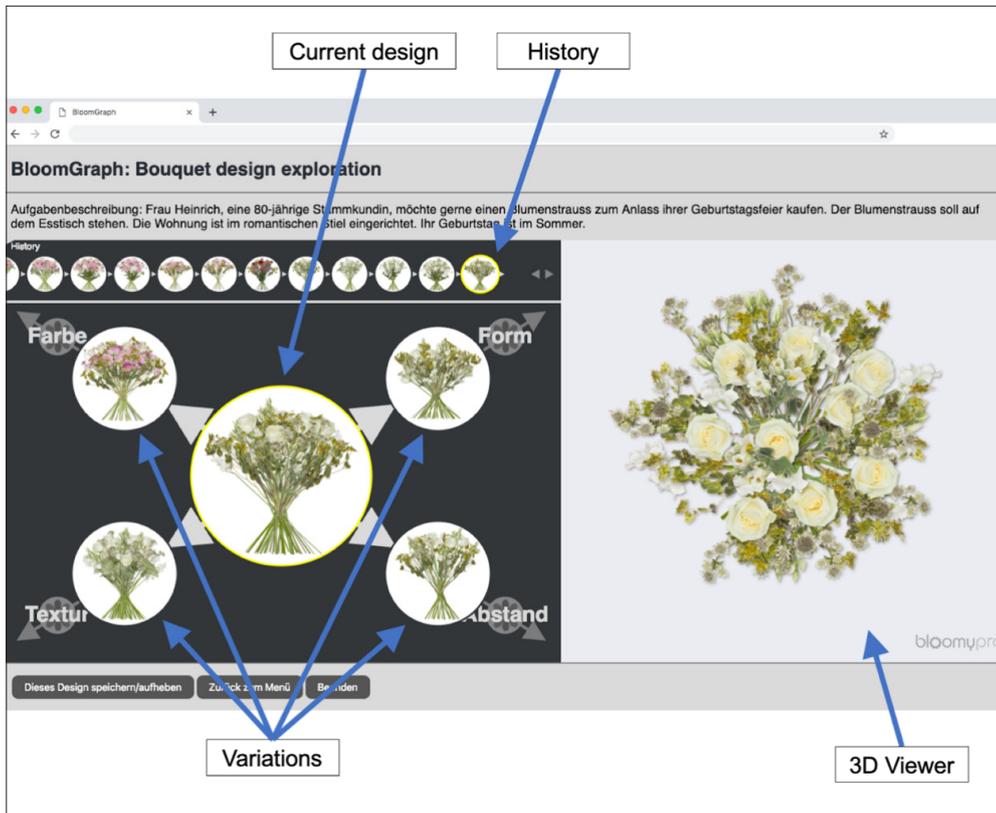


Abbildung 8-2 • Erkundung des Gestaltungsraumes
(Erläuterungen im Text) – nicht-lineare Anordnung

Diese Schnittstelle schlug vier Richtungen für die Navigation im Gestaltungsraum vor, um eine strukturierte Erkundung zu fördern (und keinen beliebigen «Spaziergang»). Wir haben uns gefragt, ob sich Auszubildende gerne in diesem strukturierten, aber nicht-linearen Gestaltungsraum bewegen würden. Wir haben diese Form der Darstellung daher mit einer etwas vertrauteren, linearen Abbildung (Abbildung 8-3) verglichen, wobei wir genau den gleichen Satz von Blumensträußen verwendeten. In dieser linearen Schnittstelle werden vier zufällige Variationen des aktuellen Designs in einer Reihe vorgeschlagen, die man ähnlich wie einen Katalog oder die Ergebnisse einer Suchanfrage durchgehen kann. Damit in beiden Versuchsanordnungen die gleiche Menge an Informationen geliefert wird, sind alle Variationen in der linearen Darstellung mit einem «Etikett» versehen, das anzeigt, welche Merkmale des aktuellen Designs verändert wurden. Wie zuvor hatten die Teilnehmenden Zugriff auf ihre Historie und den 3D-Viewer. Der Unterschied zwischen den beiden Schnittstellen besteht in der Art und Weise, wie die gleichen Informationen dargestellt werden. Das erlaubt uns zu sehen, ob Auszubildende über eine grafische Oberfläche durch den Gestaltungsraum navigieren können. Der kurze Text am oberen Fensterrand erklärt, wer die Kundin ist (80-jährige Frau) und warum sie Blumen kauft (Geburtstag). Am Ende ihrer Erkundung mussten die Auszubildenden das am besten geeignete Bouquet für den jeweiligen Kunden auswählen.

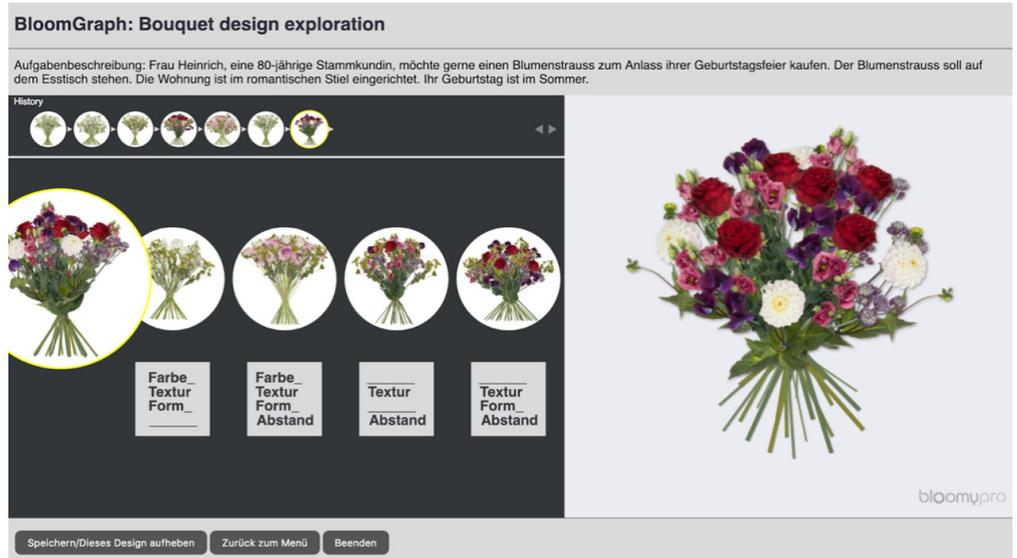


Abbildung 8-3 • Erkundung des Gestaltungsraumes (Erläuterungen im Text) – lineare Anordnung

Wir haben die lineare und die nicht-lineare (graphische) Navigation mit 44 Floristen-Lehrlingen verglichen (davon waren 43 Frauen, anders als bei den bisherigen Studien mit Logistikern und Zimmerleuten). Die Auszubildenden, die mit der linearen Schnittstelle («Katalog-Anordnung») arbeiteten, erkundeten im Durchschnitt mehr Blumensträuße als die Auszubildenden, welche die graphische Schnittstelle (nicht-lineare Anordnung) nutzten. Bei der linearen Navigation war die Variationsbreite sehr gross. Bei der graphischen Schnittstelle war der für die Navigation benötigte Zeitaufwand signifikant höher. Die Teilnehmenden brauchten mehr Zeit für weniger Sträuße. Diese Ergebnisse erinnern den Leser vielleicht an unsere Bemühungen, die Nutzer der TinkerLamp zum Nachdenken anzuregen. Um festzustellen, ob dies auch hier zutraf, führten wir weitere statistische Analysen durch.

Wie immer berechneten wir den Lernerfolg mithilfe von vor und nach dem Versuch durchgeführten Tests, fanden jedoch keinen signifikanten Unterschied. Wir hatten eigentlich auch keinen Unterschied erwartet. Eher waren wir neugierig, wie die Auszubildenden die verschiedenen Schnittstellen für ihre Aufgabe nutzten. Wir verglichen, wie konsistent die Personen navigierten, die mit der graphischen (nicht-linearen) Schnittstelle arbeiteten: Untersuchten sie die einzelnen Aspekte (z. B. Farbe, Abstand der Blüten, usw.) systematisch oder veränderten sie diese auch unsystematisch? Die Gruppe mit der grösseren Konsistenz (N = 12) hatte einen signifikant höheren Lernerfolg als die Gruppe mit der geringeren Konsistenz. Abbildung 8-4 zeigt die Lernerfolge beider Gruppen (grosse und geringe Konsistenz) und die der «linearen» Gruppe. Der Unterschied zwischen der Gruppe mit grosser Konsistenz und der «linearen» Gruppe ist ebenfalls signifikant.

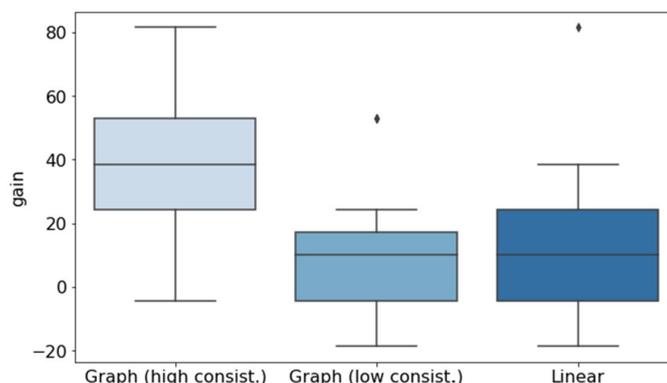


Abbildung 8-4 • Vergleich des Lernerfolgs von Auszubildenden, die mehr oder weniger konsistent navigierten, im Verhältnis zu dem der Auszubildenden, die mit der linearen Schnittstelle arbeiteten (Kim et al., 2021)

Unsere Schlussfolgerungen aus dieser Studie stimmen mit den bisherigen, im Zusammenhang mit den Logistikern gemachten Beobachtungen überein. Das Lernen einem offenen Forschungsumfeld ist keine Selbstverständlichkeit. Es erfordert ein gewisses Mass an Konsistenz bei der Vorgehensweise. Wie es scheint, hatten einige der Floristen in unserer Studie hier eine bessere Strategie als andere. In der Logistik-Studie entwickelten wir Orchestrierungskarten, um die Lernenden zur Anwendung einer guten Strategie zu bewegen. Lernwissenschaftler überrascht das nicht, denn es ist gut dokumentiert (De Jong & Van Joolingen, 1998), dass das Lernen aus Simulationen von den metakognitiven Fähigkeiten der Lernenden abhängt. Daher müssen Lernumgebungen, in denen die Lernenden selbst Dinge erkunden sollen, Tools anbieten, die – wie eine Art «metakognitive Krücke» – Defizite bei der Selbstregulation ausgleichen.

Die zeitliche Dimension (mit Gartenbauern)

Es gibt Berufe, wo Fehler nicht so einfach rückgängig zu machen sind. Wenn Ihr Friseur Ihnen die Haare zu kurz schneidet, ist das nicht mehr zu ändern. Wenn ein Gartenbauer einen Baum so gepflanzt hat, dass er ein paar Jahre später einen Schatten auf Ihre Küche wirft, kann er den ausgewachsenen Baum nicht mehr zu vertretbaren Kosten versetzen. Diese Berufe (wie Friseur oder Gartenbauer) erfordern eine spezifische Fähigkeit, sich das Ergebnis einer Arbeit nicht nur am Ende der Gestaltung, sondern auch einige Wochen oder Jahre später vorstellen zu können. Sowohl Friseur als auch Gartenbauer nutzen Werkzeuge (Bilder, Skizzen), um diese Vorstellung mit ihren Kunden zu teilen, benötigen aber selbst keine Werkzeuge. **Als Fachleute verfügen sie über genug Erfahrung, um sich die Zukunft vorstellen zu können.** Bei Auszubildenden ist dies nicht der Fall. Natürlich entscheiden die Auszubildenden in den ersten Jahren ihres Berufslebens nicht, was in einen neu angelegten Garten gepflanzt wird, sondern setzen nur den Gartenplan um, den ihre Chefs entworfen haben. Die Vorgesetzten würden sie nicht dafür bezahlen, wenn sie denselben Busch dreimal an einem anderen Ort neu pflanzten. Wir haben jedoch untersucht, ob die Auszubildenden mit Hilfe von AR einen Garten gestalten könnten, wenn sie eine dreidimensionale Ansicht des zukünftigen Gartens hätten und den Garten so oft wie gewünscht verändern könnten (Kim et al., 2021b).

Bei der Erkundung des Raumes aller möglichen Gärten gehen wir von der Realität aus: einem echten Garten. Der Unterschied zu Blumen ist, dass eine Umrundung mit der 360°-Kamera des Mobiltelefons hier nicht ausreicht. Daher fotografieren die Auszubildenden oder die Lehrenden zunächst mit einer preiswerten Drohne, die systematisch den gesamten Gartenbereich abdeckt (Abbildung 8-5, links). Die gesammelten Fotos werden in ein Online-Tool wie DroneDeploy oder Pix4D eingespeist, das den Raum in 3D rekonstruiert (Abbildung 8-5, Mitte). Die Auszubildenden erkundet dann den rekonstruierten Raum mit einem Head-Mounted-Display (Abbildung 8-5, rechts). Die VR-Garten-App wurde für Oculus Rift mit der Software Unity 3D entwickelt. Die 3D-Modelle der Bäume wurden mit SpeedTree erstellt, einer Online-Bibliothek, in der man 3D-Modelle für Hunderte von Pflanzen in verschiedenen Wachstumsstadien und Jahreszeiten kaufen können.



Abbildung 8-5 • Die Drohne vermisst den Raum und nimmt Videomaterial auf (links); der 3D-Raum wird rekonstruiert (Mitte), und der Lernende taucht mit einem Head-Mounted-Display in den 3D-Raum (rechts) ein (Kim et al., 2020).

Anders als die bisher von uns entwickelten AR-Umgebungen ist diese immersiv: Die Lernenden können den Raum betreten, den Kopf drehen, nach oben oder unten schauen; es gibt sogar eine kleine Brise, die sanft durch die Blätter der Bäume weht. Im Zusammenhang mit der TinkerLamp haben wir allerdings gelernt, dass Auszubildende manchmal aus der Realität heraustreten müssen, um im Wechsel von «heads in» (nach innen orientiert) und «heads out» (nach aussen orientiert) Analysen, Reflexionen oder Vergleiche anstellen zu können. Aus diesem Grund haben wir zwei Modi zur Verfügung gestellt, zwischen denen Auszubildende wechseln können. Der Erkundungsmodus (Abbildung 8-6, rechts) ist immersiv; er bietet eine **egozentrische Ansicht**, die den Auszubildenden erlaubt, durch den von ihnen gestalteten Garten zu gehen. Der Gestaltungsmodus (Abbildung 8-6, links) bietet eine **exozentrische Ansicht**, sodass die Auszubildenden den Garten von oben sehen und Objekte wie Bäume darin platzieren können. Diese exozentrische Perspektive ist inspiriert von der Art und Weise, wie Gartenbauer heute mit Zeichnungen auf Papier arbeiten. Durch das Umschalten zwischen den beiden Modi können die Lernenden unterschiedliche Perspektiven auf das Design erleben. Wie in Abbildung 8-5 (rechts) zu sehen, haben die Auszubildenden zwei Steuergeräte, je eines für jede Hand. Mit dem rechten Steuergerät können sie auf ein Objekt zeigen und (per Mausklick) mit ihm interagieren. Mit dem linken Steuergerät lässt sich ein Menü öffnen, das die verfügbaren Funktionen anzeigt. Im Gestaltungsmodus zeigt das Menü die Objekte an, die im Garten platziert werden können, und im Erkundungsmodus zeigt es die Möglichkeiten, den gestalteten Garten zu erkunden, einschliesslich wechselnder Jahreszeiten und sich während ihres Wachstums verändernder Bäume an. Im Erkundungsmodus kann man sich auch mit Daumenstick des linken Steuergeräts durch den Garten bewegen.

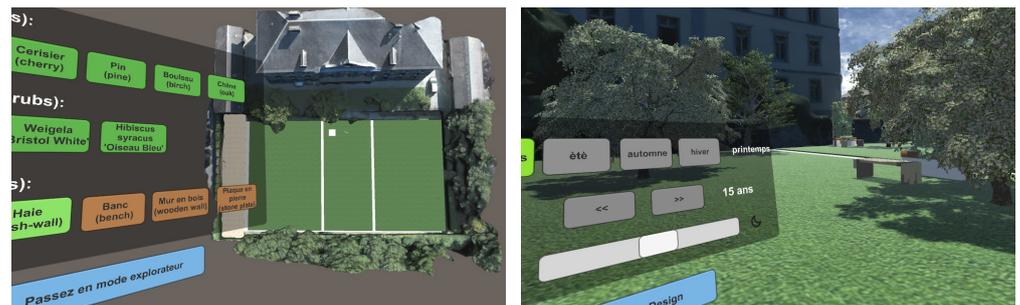


Abbildung 8-6 • Die exozentrische (links) und die egozentrische (rechts) Ansicht eines Gartens

Der Gestaltungsraum folgt einer parametrischen Dimension: Auszubildende können vom ersten Garten aus N Objekte in M Positionen platzieren, wobei das NM-Produkt extrem gross ist. Aber wir wollten die zeitliche Dimension untersuchen, d. h. die Möglichkeit zu simulieren, wie der gestaltete Garten zu verschiedenen Zeitpunkten aussehen würde, wie in Abbildung 8-7 dargestellt:

- **Tageszeit:** Die Auszubildenden können die Tageszeit ändern, um zu sehen, wo bei unterschiedlichem Sonnenstand Schatten fallen, was sowohl für den relativen Abstand zwischen den Pflanzen (eine Pflanze überschattet die andere) als auch für das Kundenerlebnis (Schatten auf der Terrasse, dem Balkon, der Küche, etc.) wichtig ist.
- **Jahreszeit:** Die Auszubildenden können zwischen den vier Jahreszeiten wechseln, um sich vorzustellen, wie der gestaltete Garten jeweils aussehen würde (der Winter sieht etwas traurig aus, da wir keinen Schnee hinzugefügt haben).
- **Wachstumsjahr:** Die Auszubildenden können das Wachstumsjahr von Stufe 1 auf Stufe 5 ändern, was für die Pflanzen ebenso wichtig ist wie für das Gebäude. Verglichen mit dem, was Gartenfachleute visualisieren können, ist diese Darstellung allerdings unvollkommen.

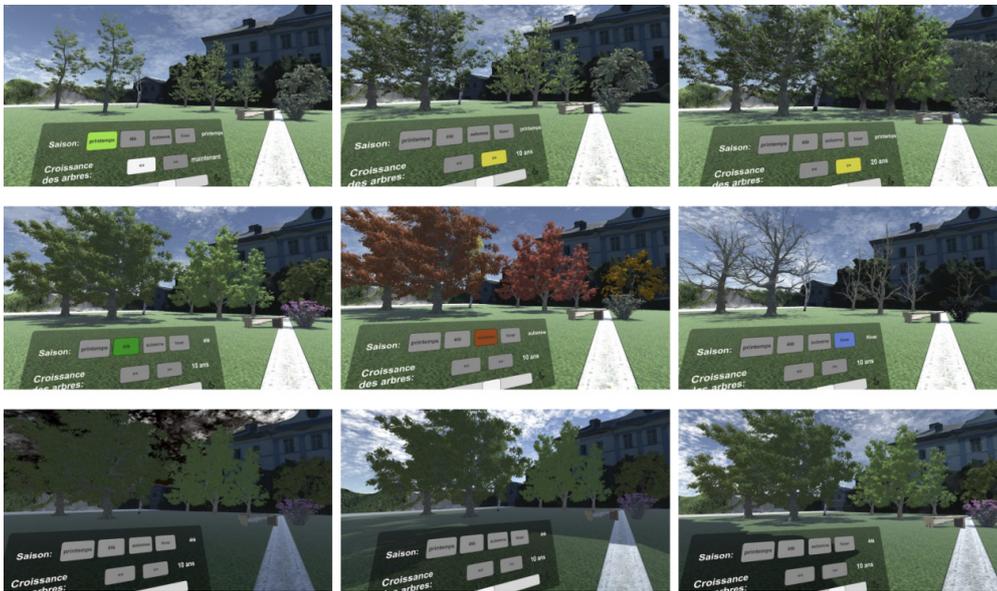


Abbildung 8-7 • Zeitliche Navigation: Ändern der Tageszeit (untere Reihe), der Jahreszeit (mittlere Reihe) und des Gartenalters (oberste Reihe)

Diese Funktionen der Zeitnavigation veranschaulichen die Schlussfolgerungen des vorangegangenen Kapitels: Ein pädagogisches Ziel von AR-Anwendungen besteht darin, **das Unmögliche möglich zu machen**. Niemand kann die Sonne bewegen (Tageszeiten), die Jahreszeit ändern oder in die Zukunft reisen! Es geht nicht darum, die Realität zu imitieren, auch wenn die AR einen gewissen visuellen Realismus bietet. Es geht vielmehr darum, **der Realität zu entfliehen**.

Das macht natürlich nur Sinn, wenn sich daraus ein Lernzuwachs für die Auszubildenden ergibt. Wir führten einen Versuch mit 30 Gartenbaulehrlingen (davon 26 Männer) aus zwei Berufsfachschulen durch. Aufgrund der Relevanz der Aufgabe für das Curriculum wählten wir nur auf Landschaftsbau – nicht auf Pflanzenbau – spezialisierte Lernende aus. Um eine möglichst homogene Versuchsgruppe zu erhalten, beschränkten wir uns zudem auf Auszubildende im zweiten Lehrjahr, die eine dreijährige Ausbildung absolvieren. Sie hatten sich bereits zwei Semester lang mit Gestaltungsregeln für den Gartenbau beschäftigt, besaßen aber nur begrenzte Erfahrung in der konkreten Gestaltung von Gärten. Wir verglichen ihre digitalen Entwürfe (Abbildung 8-8, rechts) mit den herkömmlichen, auf Papier gezeichneten Entwürfen (Abbildung 8-8, links) im Rahmen der folgenden Versuchsanordnung: 14 Auszubildende entwarfen zuerst einen Garten auf Papier und dann mithilfe von VR, 16 Auszubildende wählten die umgekehrte Abfolge, um den Einfluss der Reihenfolge auszugleichen.

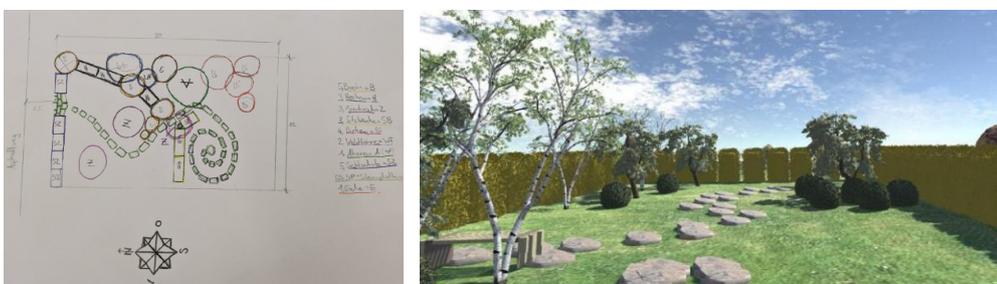


Abbildung 8-8 • Zwei Modi der Gartengestaltung: Stift und Papier versus AR

Wir baten zwei Gartenbaulehrende, die Qualität der gestalteten Gärten anhand von drei von ihnen vorgeschlagenen Kriterien zu bewerten: Komposition, Proportion und Kreativität. Die statistische Auswertung ergab interessante Ergebnisse: (1) Für das Kriterium «Komposition» gab es keinen signifikanten Unterschied; (2) die VR-Entwürfe wurden in Bezug auf die «Proportion» besser bewertet; (3) Stift und Papier führten zu kreativeren Entwürfen. Die Analyse des Einflusses der Reihenfolge ergab jedoch, dass das Zeichnen auf Papier vor dem Einsatz der AR zu deutlich besseren Entwürfen hinsichtlich Proportion und Komposition führte. Wurde die AR nach dem Zeichnen auf Papier angewendet, verbrachten die Auszubildenden deutlich mehr Zeit in der exozentrischen Ansicht, wobei der jeweilige prozentuale Anteil dieser Ansicht signifikant (426) mit der Qualität des Entwurfs korrelierte. Das ist aus zwei Gründen sehr interessant: Erstens: Ein Entwurf auf Papier ist noch stärker «heads out» als die exozentrische Ansicht der AR. Daher scheint die Kombination beider Arbeitsweisen eine signifikante Wirkung zu haben, was unsere Erkenntnisse aus der Logistiksimulation bestätigt.

Zweitens tendieren wir dazu, die Leistung digitaler Tools mit der Verwendung klassischer papierbasierter Methoden zu vergleichen, die als Grundlage verwendet werden. Dieser Vergleich befasst sich mit der Frage, die uns Lehrpersonen, Schulleiterinnen und Schulleiter oder Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger generell stellen. In der täglichen Praxis besteht aber gar kein Grund, nur auf Papier oder nur auf digitale Tools zu setzen. Dieses Buch ist voll von Beispielen, die zeigen, dass sich beide Werkzeuge perfekt ergänzen.

Die soziale Dimension

In den beiden vorangegangenen Abschnitten wurden Möglichkeiten vorgestellt, wie man den Gestaltungsraum für die Umsetzungen digital erkunden kann. Stellen Sie sich vor, 20 Gartenbauer entwerfen einen Garten auf Papier und der Lehrer oder die Lehrerin pinnt alle Entwürfe an die Wand. Diese Wand würde ebenfalls einige interessante Visualisierungen des Gestaltungsraums bieten. Die Lehrperson könnte dann die Auszubildenden bitten, einen neuen Garten zu entwerfen, der zwei der ausgestellten Entwürfe vereint. Wir haben die Garten-VR um eine Anwendung ergänzt, mit der zwei oder mehr Gartenentwürfe kombiniert werden können. Vor ein paar Jahren entwickelte ein Mitglied unseres Labors einen Beitrag für die beliebte Website DeepArt: Man konnte dort ein Foto hochladen und ein berühmtes Gemälde auswählen, um dessen Malstil auf das hochgeladene Bild zu übertragen. So erschien beispielsweise das Foto des eigenen Hundes als Gemälde im Stil von Dalí. Zur Erstellung des neuen «Gemäldes» wurden maschinelle Lernmethoden, die sogenannten Deep Neural Nets, eingesetzt. Wir haben eine einfachere Methode verwendet, um die Schlüsselemente aus zwei AR-Gärten zu extrahieren und neu zu kombinieren (Kim et al., 2022): den «genetischen Algorithmus». Dieser wird in der KI zur Erkundung von Gestaltungsräumen verwendet. Wir extrahieren die DNA eines jeden Gartens als Baumdiagramm, bestehend aus bestimmten Objekten (Pflanzen, Steine usw.), deren Position und ihrer Ausrichtung. Bei der Kombination zweier Gärten verbindet der Algorithmus die einzelnen «Gene» (Merkmale) mit genetischen Operatoren wie Mutation und Crossover. Mehrere Anwendungen führen zu mehreren «Kindern», wie in Abbildung 8-9 dargestellt. Wir wollen hier nicht näher auf technische Details eingehen, aber die Eleganz dieses Algorithmus ist auf jeden Fall erwähnenswert.

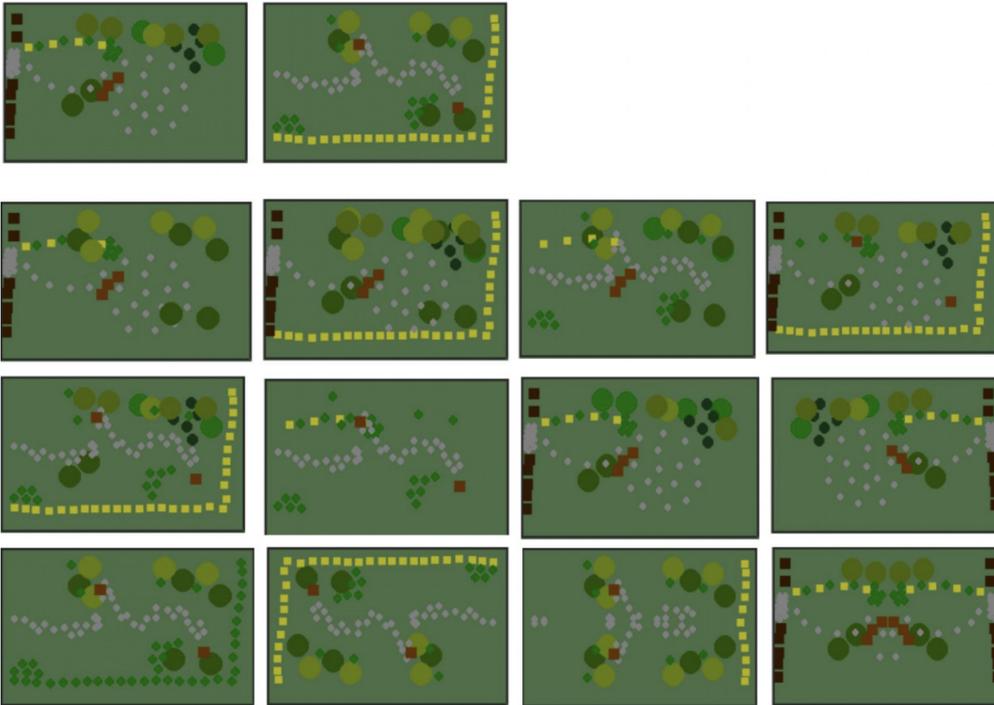


Abbildung 8-9 • Der Algorithmus extrahiert aus den beiden Garten-«Eltern» in der obersten Zeile bestimmte Merkmale («Gene») und rekombiniert sie mittels verschiedener genetischer Operatoren, um neue «Kinder» wie die 12 darunter abgebildeten Gärten zu generieren.

Der Vorgang wird in den Abbildungen 8-10 und 8-11 erläutert. Da dieses Experiment während der Pandemie durchgeführt wurde, verwendeten wir ausschliesslich Online-Technologien, keine Head-Mounted-Displays. Zunächst gestaltet der Auszubildende – nennen wir ihn Louis – seinen Garten (Abbildung 8-10, oben) ähnlich wie in der exozentrischen Ansicht der Garten-AR. Ist Louis mit seinen Entwürfen zufrieden, kann er zur nächsten Phase übergehen. Sein Garten erscheint dann im Social Design Space Graph, dem grauen Kästchen links unten in Abbildung 8-10, wo er die von seinen Kollegen Philip und Kevin entworfenen Gärten sehen kann. Diese Grafik zeigt, welche Gärten durch die Kombination der beiden anderen Gärten entstehen. Der Prozess der Auswahl und Kombination von zwei Gärten zur Erzeugung neuer Gärten wird in Abbildung 8-11 dargestellt. Louis kann zwei Gestaltungen (Designs) aus dem Design Space Graph auswählen und mit dem Design Mixing Generator, dem grauen Kästchen in der Mitte, neue Designs generieren. Die 3D-Visualisierung des Gartens ist oben rechts in der Schnittstelle dargestellt. Mit dem Schieberegler kann man weitere Variationen generieren. Louis kann diese Operation viele Male wiederholen. Ist er zufrieden, drückt /klickt er auf den Button «Ausgewähltes Design zum Designraum hinzufügen», und der neue Garten erscheint im Social Graph. Es kann dann ausgewählt und mit einem weiteren Gartenentwurf kombiniert werden. Dieser Prozess lässt sich leicht beschreiben, indem man die Gen-Metapher beibehält: Der Nutzer wählt im Social Graph zwei «Eltern» aus. Dort wird angegeben, wie viel genetisches Material von jedem Elternteil auf das Kind übertragen wird. Ist der Auszubildende mit seinen Auswahlkriterien zufrieden, wird das Kind in den Social Graph übernommen.

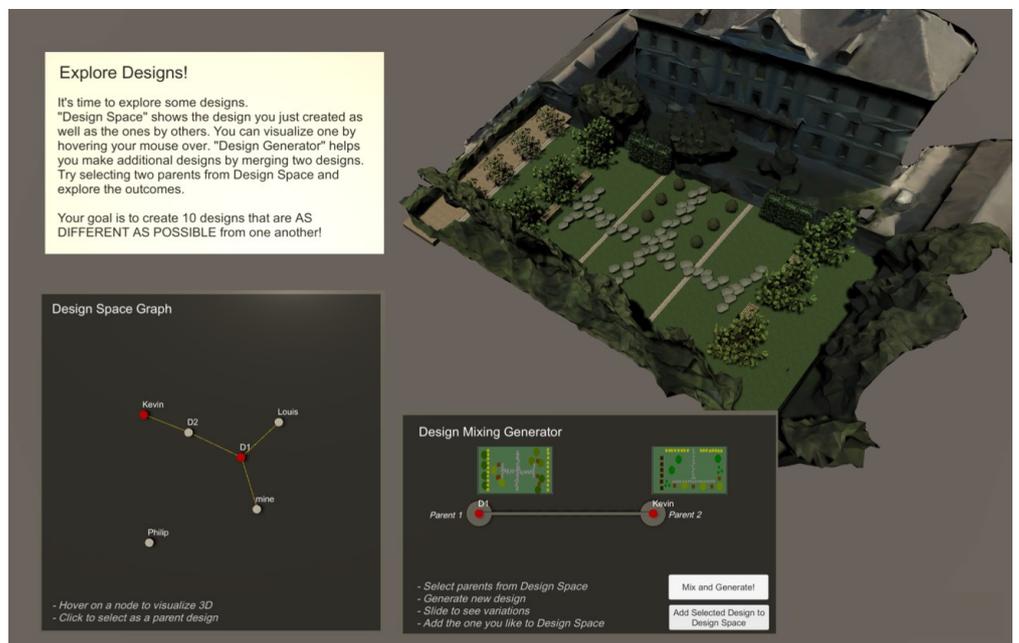


Abbildung 8-10 • Schnittstelle für die Online-Gartengestaltung (oben) und für die Erkundung neuer Gärten (unten)

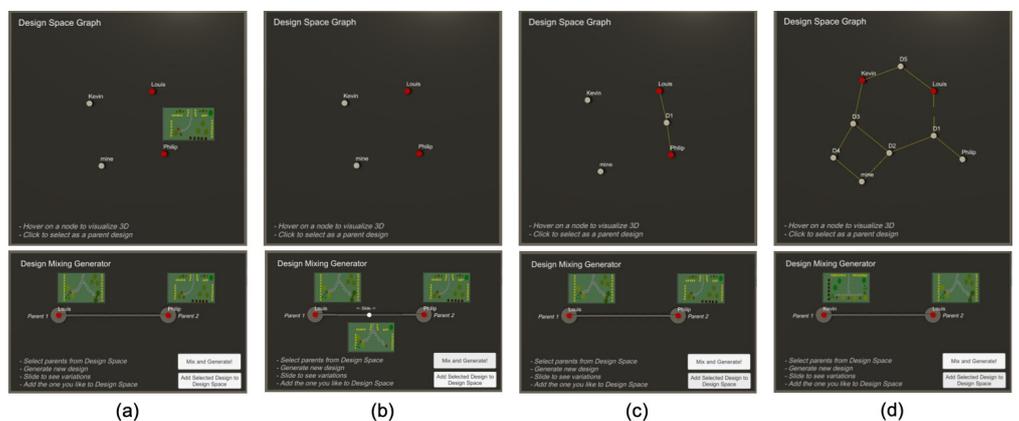


Abbildung 8-11 • Vergrößerte Ansicht der Schnittstelle, die den Prozess der Generierung neuer Designs zeigt

Aus unserer bisherigen Zusammenarbeit mit Lehrenden für Landschaftsgartenbau wussten wir, dass diese Anwendung anders ist als andere in diesem Ausbildungsgang verwendete Tools. Dies bedeutete, dass die Lehrenden sie möglicherweise nicht annehmen würden, weil sie zu neuartig oder für ihre aktuelle Praxis zu fremd sein könnte. Um dieses Problem zu lösen, führten wir mit sechs Gartenbaulehrenden von Berufsfachschulen ein teilstrukturiertes, aufgabenbasiertes Interview über die Anwendung. Wir wollten auf diese Weise mehr darüber erfahren, wie man die Anwendung in einem authentischen Bildungskontext mit Auszubildenden einsetzt und ob sie die Lernenden bei der Entwicklung neuer Denkweisen unterstützen könnte. Alle Lehrpersonen gaben an, dass die Anwendung intuitiv und einfach zu bedienen war, und alle waren bereit, sie in ihren Kursen zu integrieren. Sie sagten auch, dass das Design Mixing die Auszubildenden für Neues öffnen und ihre Kreativität – eine für ihren Beruf wertvolle Fertigkeit – entwickeln könnte.

Im Anschluss an die Interviews mit den Lehrenden führten wir einen kontrollierten Online-Versuch mit Berufsanfängern durch. Wir wollten die Erkundung von Gestaltungsräumen mittels Design Mixing mit zwei anderen Szenarien vergleichen: einem ohne Erkundung und einem mit Erkundung nach dem Zufallsprinzip. Die Voraussetzung «ohne Erkundung» bildete die Grundlage für den Vergleich. Bei der Erkundung nach dem Zufallsprinzip erhielten die Anwenderinnen und Anwender zufällig generierte Gartenentwürfe ohne Design-Mixing-Schnittstelle. Die Teilnehmenden entwarfen zunächst einen Garten und erkundeten den Gestaltungsraum anhand einer vorgegebenen Schnittstelle für jede Voraussetzung. Dann konnten sie einen zweiten Entwurf anfertigen. Wir interessierten uns für zwei Messgrößen: die Unterstützung der Kreativität durch das Tool, gemessen mit dem Creativity Support Index (CSI), und die Neuartigkeit der Gestaltung, gemessen in Form des Unterschieds zwischen dem ursprünglichen und dem endgültigen Entwurf. Bei diesem Versuch fanden wir heraus, dass unerfahrene Anwender durch das Design Mixing wesentlich stärker unterstützt werden können, insbesondere bei der Erkundung und der Zusammenarbeit. Wir stellten auch fest, dass die Entwürfe der Teilnehmenden, nachdem diese die Design-Mixing-Funktion genutzt hatten, einen grösseren Neuheitswert aufwiesen. Schliesslich konnten wir zeigen, dass es sich direkt auf die Neuheit der von den Anfängerinnen und Anfängern erstellten Entwürfe auswirkte, wenn diesen Personen das Erkunden und Verfolgen ihrer Ideen erleichtert wurde. Unsere Ergebnisse zeigen, welche Bedeutung ein Gerüst für die kreative Erkundung in Bezug auf Design-Anfänger hat und inwieweit sich Social Design Mixing für diesen Zweck eignet.

Was heisst das nun?

Die in diesem und den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen AR-/VR-Umgebungen ermöglichen Interaktionen, die es in der Realität nicht gibt, wie die Manipulation von vier Regalen mit zwei Fingern oder das Sehen von Kräften, die normalerweise für das menschliche Auge unsichtbar sind. Das aktuelle Kapitel ging noch einen Schritt weiter, da die Auszubildenden hier Bäume bewegen, Jahreszeiten ändern, in die Zukunft springen und aus zwei Gärten einen neuen Garten erschaffen konnten. Wir haben darauf hingewiesen, dass diese Unterschiede zur Realität pädagogisch interessanter sein können als das Festhalten an der Realität. Allerdings ist auch ein gewisses Mass an Realismus erforderlich, um den Auszubildenden die Realität ihrer Arbeit nahezubringen. Sie sollen der Realität nicht entfliehen, um besonders ausgefallen oder originell zu sein. Manipulationen um der Manipulation willen zu ermöglichen, ist nicht das Ziel. **Die pädagogische Grundlage für die «Flucht vor der Realität» ist, Lernende zu kognitiven Aktivitäten zu motivieren, die Lerneffekte erzeugen**, was wir in allen unseren Versuchen überprüfen.

Geht der pädagogische Wert dieser AR-/VR-Umgebungen über den einfachen Wow-Effekt hinaus? Ja, es gibt durchaus einen Wow-Effekt; wir sind nicht naiv. Dieser Wow-Effekt öffnet per se Türen: Da wir bei allen unseren empirischen Studien Lehrende und Direktoren überzeugen müssen, uns einen Teil ihrer kostbaren Zeit zu widmen, ist dies ein nicht zu vernachlässigender Vorteil. Ausserdem hilft er den Beteiligten, ein umfassenderes Verständnis von Lerntechnologien oder EdTech zu erlangen: Es ist schliesslich kein Verbrechen, wenn Lehrende und Auszubildende

von neuen schulischen Aktivitäten begeistert sind. Natürlich hält der Neuheitseffekt nicht sehr lange an. Diese drei letzten Kapitel zeigen, wie man die anfängliche Begeisterung in Lernergebnisse umwandeln kann. Es braucht aber mehr als Begeisterung beim Manipulieren und Erkunden; zu grosse Begeisterung kann sogar schaden. Das gilt für die beliebige, rasche Neugestaltung von Lagerhäusern ebenso wie für die beliebige Erkundung von Gestaltungsräumen für Gartenbauer. Für unsere AR-Anwendungen zeigen die Versuche, dass Aktion und Reflexion, Exploration und Abstraktion, Vergleiche und Vorhersagen artikuliert werden müssen. Auszubildende sind wie wir: Sie reflektieren nicht spontan. Sie müssen entweder von der Lernumgebung selbst, wie im exozentrischen Blick auf Gärten, oder von den Lehrenden, wie bei der TinkerLamp, dazu angeregt werden. Darüber hinaus ist die Gestaltung der Reflexionsphase für die Lehrenden eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe, da sie quasi in Echtzeit auf die Beiträge der Auszubildenden eingehen müssen. Daher müssen auch Lehrende technologisch unterstützt werden, wie beispielsweise im Fall der TinkerLamp mit Dashboards. Am Ende wird ohne eine durch den Lehrenden gut organisierte Nachbesprechung keines dieser Tools solides formales Wissen hervorbringen. **There is a time for telling.**

Kapitel 9

Berufsbildungsanalytik

Richard Lee Davis, Son Do-Lenh, Mina Shirvani Boroujeni, Ramtin Yazdanian

Dieses Buch beleuchtet eine Vielzahl digitaler Technologien, die während des Dual-T-Projekts entwickelt wurden, von AR bis zu Social-Networking-Plattformen. Eines der Merkmale, die diese Technologien gemeinsam hatten, war, dass sie neue Arten von Daten generierten. In einigen Fällen handelte es sich dabei um feingranulare Aufzeichnungen der Aktivitäten einzelner Schüler. In anderen Fällen lieferten diese Daten übergeordnete Perspektiven auf ganze Berufsbildungseinrichtungen oder Gruppen von Einrichtungen. Wir glauben, dass diese Daten ein wesentlicher Bestandteil der digitalen Technologien waren, die wir entwickeln, und wir haben grosse Anstrengungen unternommen, um herauszufinden, wie wir diese Daten in unserer Arbeit nutzen können.

Die meisten dieser Daten liessen sich mit den üblichen statistischen Methoden nur schwer analysieren oder verstehen. Um diese Daten sinnvoll zu machen, musste man sich der Welt der Learning Analytics zuwenden. Learning Analytics ist ein interdisziplinärer Ansatz, der Methoden von Machine Learning über Data Mining bis hin zu Statistik und HCI vereint. Eine weit verbreitete Definition von Learning Analytics ist «die Messung, Sammlung, Analyse und Berichterstattung von Daten über Lernende und ihre Zusammenhänge zum Verständnis und zur Optimierung des Lernens und der Umgebungen, in denen es stattfindet» (<https://tekri.athabascau.ca/analytics/>).

Lernanalysen können eingesetzt werden, um eine Vielzahl von Zielen zu erreichen, darunter die Überwachung und Analyse der Aktivitäten der Lernenden, um ein besseres Gefühl für das zu bekommen, was im Unterricht passiert; die Erstellung von Vorhersagen über die Leistungen der Lernenden, um diejenigen zu identifizieren und zu unterstützen, die besondere Aufmerksamkeit benötigen; die Bewertung des Wissens der Lernenden und dessen Nutzung als Feedback-Quelle, um den Lernenden bei ihrem Studium zu helfen, sowie die Personalisierung und Anpassung der Anweisungen an die Bedürfnisse der Lernenden. Zu den Methoden, die eingesetzt werden, um diese Ziele zu erreichen, gehören die prädiktive Modellierung (z. B. Regression), die soziale Netzwerkanalyse, das Clustering und die Datenvisualisierung. (Ausführlichere Informationen über die Ziele und Methoden der Lernanalyse finden interessierte Leser in den Publikationen von Baker (2010), Chatti et al. (2012) oder Clow (2013).)

Angesichts der überwältigenden Bandbreite von Methoden und Zielen im Bereich Learning Analytics wurden bereits etliche Taxonomien zu ihrer Kategorisierung und Organisation vorgeschlagen, darunter eine, die uns sowohl einfach als auch nützlich erschien, von Chatti et al. (2012). Dieses «Referenzmodell» legt nahe, dass Learning-Analytics-Projekte anhand von vier Fragen klassifiziert werden können: Wie? Was? Warum? Wer? Jedes Projekt wendet einen bestimmten Satz von Methoden (Wie?) auf einen Datensatz (Was?) an, um ein Ziel zu erreichen oder eine Frage (Warum?) der Akteure (Wer?) zu beantworten. Dieses Referenzmodell ist hilfreich, wenn es darum geht, die verschiedenen Arten von Analysen, die unter dem Begriff Learning Analytics zusammengefasst sind, zu organisieren und sinnvoll anzuwenden. Es eignet sich auch zur Abgrenzung des Bereichs Learning Analytics. Wenn beispielsweise die Antwort auf «Warum?» sich nicht direkt auf den Lernprozess von Auszubildenden bezieht, handelt es sich nicht um Learning Analytics. Wenn die Antwort auf «Wer?» auch Personen ausserhalb des formalen Bildungssystems einschliesst, z. B. Manager in einem Unternehmen, handelt es sich nicht um Learning Analytics.

Praktisch bedeutet das, dass viele der Verwendungsmöglichkeiten von Daten im Dual-T-Projekt technisch nicht unter den Oberbegriff Learning Analytics fallen. Ein Argument dieses Buches (und des Dual-T-Projekts) ist, dass sich das Berufsbildungssystem, insbesondere das duale Berufsbildungssystem, von anderen Bildungssystemen in einzigartiger Weise unterscheidet. Es hat andere Ziele, Akteure, Bewertungs- und Evaluierungsformen und verteilt sich auf mehrere Lernorte. Genauso wie diese Unterschiede bei der Konzeption und Implementierung digitaler Technologien für

die Berufsbildung berücksichtigt werden müssen, sind sie auch bei der Entwicklung der Analysetools und -methoden zu berücksichtigen. Aus diesem Grund haben wir einen neuen Begriff geprägt, der unsere Arbeit beschreibt: Berufsbildungsanalytik. Berufsbildungsanalytik ist die Messung, Erhebung, Analyse und Berichterstattung von Daten aus *dem gesamten Berufsbildungssystem* zum Verständnis und zur Optimierung *aller Aspekte der beruflichen Bildung*. Dabei handelt es sich um eine weiter gefasste Definition, die eine grössere Gruppe von Akteuren (z. B. Auszubildende, Verwaltungsangestellte, Lehrende, Berufsbildnerinnen und -bildner, Arbeitgeberverbände) und umfangreichere Ergebnisse (z. B. Kommunikationsmuster zwischen Akteuren, Feedback-Muster im Zusammenhang mit Lern- und Leistungsdokumentationen, Veränderungen bei den von der Industrie geschätzten Qualifikationen) umfasst.

Das Berufsbildungssystem und die Industrie sind eng miteinander verknüpft. Die Arbeitgeberverbände spielen eine wichtige Rolle bei der Gestaltung des Lehrplans, damit die Auszubildenden Fertigkeiten erlernen, die für ihre Branche relevant sind, und die Industrie einen Teil der Verantwortung für die Ausbildung der Lernenden im Rahmen der betrieblichen Lehre übernimmt. Dies bedeutet, dass eine enge Fokussierung auf das Lernen im Schulunterricht für die Berufsbildung nicht angemessen ist. Diese enge Fokussierung könnte zwar das Verständnis der Lernenden im Unterricht verbessern, lässt aber die vielen Verbindungen zu Punkten ausserhalb des Unterrichts ausser Acht, die für die Berufsbildung unerlässlich sind. Diese enge Fokussierung lässt beispielsweise ausser Acht, ob das, was im Unterricht gelernt wird, in einem sinnvollen Zusammenhang mit dem Ausbildungsgang der Lernenden steht und ob das, was gelernt wird, für zukünftige Arbeitgeber relevant ist. In der Berufsbildungsanalytik werden all diese Faktoren berücksichtigt. Der Fokus liegt dabei nicht nur auf der Verbesserung des Lernens, sondern auf der Optimierung des gesamten Berufsbildungssystems.

Wir veranschaulichen die Berufsbildungsanalytik mit drei Vignetten.

In der ersten Vignette beschreiben wir, wieso Learning Analytics der Schlüssel zur Erschliessung des pädagogischen Werts der TinkerLamp war. Über die TinkerLamp haben wir ausführlich in Kapitel 6 berichtet, wobei der Schwerpunkt dort auf der gemeinsamen Entwicklung der Technologie mit den Berufsbildungsakteuren und auf der Bedeutung der Aufnahme von Instrumenten für die Orchestrierung des Unterrichts in die Plattform lag. Hier konzentrieren wir uns stärker auf das TinkerBoard, eine Tafel zur Visualisierung von Daten, das wesentlich dazu beigetragen hat, den pädagogischen Wert der TinkerLamp im Unterricht freizusetzen. Diese Vignette veranschaulicht den Wert des «closing the loop», d. h. die Nutzung der von den digitalen Technologien erfassten Daten als Feedback-Quelle, die dazu beiträgt, den effektiven Einsatz der Technologien zu gewährleisten. Das Schliessen des Kreises ist bei allen drei Vignetten von zentraler Bedeutung.

In der zweiten Vignette stellen wir Mina Shirvani Boroujenis Analyse von Kommunikationsmustern zwischen Lehrenden, Berufsbildnern und Lernenden auf der Realto-Plattform vor. Im Rahmen dieser Analyse wurden Muster einer gestörten Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren des Berufsbildungssystems ermittelt, insbesondere, dass Lehrende und Berufsbildner nicht zuverlässig auf die Bitten von Lernenden um Feedback reagierten. Je mehr wir uns mit diesem Thema beschäftigten, desto mehr wurde uns bewusst, dass es sich dabei um ein weit verbreitetes Problem handelt, das auch auf den Online-Plattformen e-DAP und LearnDoc, die wir jeweils für Köche und Bäcker entwickelt hatten, auftrat. Gemeinsam mit Christian Gianneti versuchten wir, dieses Problem anzugehen, indem wir Workshops für Berufsbildnerinnen und Berufsbildner einrichteten, um zu zeigen, wie wertvoll es ist, den Auszubildenden rechtzeitig ein Feedback auf der e-DAP-Plattform zu geben (siehe Kapitel 3) oder indem wir Realto in den Workshops vorstellten, die von allen drei Akteuren gemeinsam besucht wurden (siehe Kapitel 4).

In der dritten und letzten Vignette konzentrieren wir uns auf die Fertigkeiten, die Lernende während ihrer Ausbildung erwerben. Das Berufsbildungssystem soll den Lernenden Kompetenzen vermitteln, die sie zu leistungsfähigen und produktiven Mitarbeitenden machen. In der Schweiz werden diese Kompetenzen in Ausbildungsplänen formalisiert, die alle fünf Jahre in Absprache mit den regionalen und

nationalen Branchenverbänden aktualisiert werden. Dies ist ein Top-down-Ansatz, um die Berufsbildungslehrpläne auf die Bedürfnisse der Wirtschaft auszurichten. Wir stellten jedoch fest, dass neue Datenformen einen Bottom-up-Ansatz ermöglicht hatten. In den letzten zehn Jahren wurde eine grosse Zahl von Online-Stellenanzeigen für eine Vielzahl von Berufen, darunter auch die meisten Berufe des Berufsbildungssystems, gesammelt. Wir extrahierten die Kompetenzen aus dem Klartext jeder dieser Stellenanzeigen und nutzten sie, um den Anstieg und den Rückgang der Nachfrage nach bestimmten Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt zu verfolgen. Diese Daten verwendeten wir dann, um ein Vorhersagemodell zu erstellen, das zeigt, welche Kompetenzen in den kommenden Jahren am ehesten gefragt sein werden. Wir arbeiten noch an diesem Projekt, aber wir glauben, dass das Berufsbildungssystem besser auf die Bedürfnisse des Arbeitsmarktes abgestimmt werden kann, wenn man diese Informationen heranzieht, um den Kreis zu schliessen und künftige Lehrpläne zu gestalten.

Das TinkerBoard

In Kapitel 6 haben wir die TinkerLamp vorgestellt, ein anfassbares AR-System für die Lageroptimierung, das in der Ausbildung von Logistikerinnen und Logistikern eingesetzt werden kann. Dabei sind wir auf einen Aspekt dieser Geschichte nur kurz eingegangen, der allerdings mehr Aufmerksamkeit verdient, weil er uns etwas über die Berufsbildungsanalytik sagen kann. Gemeint ist die Einführung des TinkerBoard in das TinkerLamp-System.

Das TinkerBoard ist ein von Son Do-Lenh entwickeltes Dashboard zur Datenvisualisierung, das während einer TinkerLamp-Aktivität permanent auf eine Wand projiziert werden sollte. Dabei handelt es sich um ein interaktives System, das Informationen sammelt, verarbeitet und anzeigt. Gleichzeitig ermöglicht es den Lehrenden, die TinkerLamps und die Anzeige bestimmter Informationen zu steuern. In den folgenden Abschnitten stellen wir das TinkerBoard nochmals vor, indem wir zeigen, wie Jacques Kurzo es in seinem Unterricht einsetzte. Umfassendere Informationen zum TinkerBoard sind in Kapitel 6 enthalten.

Jacques hatte die Klasse in vier Gruppen aufgeteilt und jeder Gruppe für ihre Arbeit eine TinkerLamp zugewiesen. Nach einer kurzen Einführung begannen die Auszubildenden, verschiedene Lagerlayouts zu erstellen und zu testen. Jacques ging von Gruppe zu Gruppe, beantwortete Fragen und bot seine Hilfe an. Nachdem die Gruppen fünf Lagerlayouts erstellt und getestet hatten, drückte Jacques einen Knopf auf dem TinkerBoard, um alle Lampen anzuhalten. Das Einfrieren der Simulationen half, die Aufmerksamkeit der Lernenden auf den Lehrenden und die TinkerBoard-Projektion auf der Tafel zu lenken (siehe Abbildung 6-9 in Kapitel 6).

Jacques wählte je ein Layout jeder Gruppe aus, um es in der ComparisonZone des TinkerBoards anzuzeigen. Unterhalb der einzelnen Layouts wurden folgende Daten angezeigt: Bruttofläche, Brutto-Lagerfläche, Netto-Lagerfläche, Anzahl der Regale, Flächennutzungsgrad und durchschnittlich benötigte Zeit für die Ablage oder die Entnahme einer Palette. Jacques moderierte die Besprechung der einzelnen Entwürfe und wies auf deren Stärken und Schwächen hin. So konnte er viele der für die Lernenden neuen Fachbegriffe einführen und erklären sowie den Zusammenhang zwischen der grösstmöglichen Raumnutzung und der geringstmöglichen Durchschnittszeit für die Manipulation einer Palette erläutern, indem er die Entwürfe der einzelnen Gruppen miteinander verglich. Das TinkerBoard erleichterte es ihm, sich bei der Verdeutlichung des Optimierungsproblems auf die Entwürfe der Schüler zu stützen. Und anhand dieser Gegenüberstellung unterschiedlicher Layouts konnte Jacques die Strategien und Heuristiken aufzeigen, die den Lernenden helfen konnten, ihre Entwürfe weiter zu optimieren.

Es sei daran erinnert, dass das TinkerBoard entwickelt wurde, um ein Problem zu lösen: Die Lernenden in den Berufsfachschulen sahen keine Verbindung zwischen der TinkerLamp-Aktivität und den Konzepten, die mit dieser Aktivität vermittelt werden sollten. Um herauszufinden, ob das TinkerBoard dieses Problem gelöst hat,

entwickelten wir eine Versuchsanordnung mit vier Klassen, die von zwei verschiedenen Lehrenden unterrichtet wurden. Da wir diesen Versuch in Kapitel 6 bereits ausführlich vorgestellt haben, sei hier nur ein kurzer Überblick gegeben.

Einige der Schüler arbeiteten mit TinkerLamp plus TinkerBoard, andere arbeiteten nur mit der TinkerLamp. Bei der Beurteilung des Begriffsvermögens der Schüler und ihrer Problemlösungsfähigkeit in Bezug auf die Lagerorganisation stellten wir fest, dass die Schüler, die mit dem TinkerBoard gearbeitet hatten, in beiden Fällen bessere Ergebnisse erzielten (siehe Tabelle 6-1 in Kapitel 6).

Warum erzählen wir diese Geschichte im Rahmen eines Kapitels zur Berufsbildungsanalytik? **Weil sie den Wert und die Bedeutung von Daten hervorhebt.** Die von den TinkerLamps erfassten und generierten Daten waren der Schlüssel zur Erschließung des Lernpotenzials der Schüler. Bis zur Einführung des TinkerBoards wurden Daten gesammelt, aber nicht während der Unterrichtsaktivitäten verwendet. Das TinkerBoard wandelte diese rohen, inaktiven Daten in informative, interaktive Visualisierungen um, die von den Lehrenden und den Lernenden im Unterricht genutzt wurden.

Eine der wichtigsten Erklärungen, warum das TinkerBoard das Lernen auf diese Weise unterstützte, ist, dass dieses Dashboard «den Kreis schloss». Mit anderen Worten, das TinkerBoard bot einen Feedback-Mechanismus, den sowohl die Lehrenden als auch die Lernenden nutzen konnten, um die Unterrichtsaktivitäten zu überwachen und zu steuern. Die Lehrperson überprüfte mehrfach während der Unterrichtseinheit das LayoutHistory-Panel (Verlaufsanzeige) des TinkerBoards, um alle Echtzeitaktivitäten der Gruppen anzusehen und anhand dieser Informationen die Gruppen zu identifizieren, die besonderer Aufmerksamkeit bedurften (Abbildung 9-1). Ausserdem konsultierten die Lernenden während der Aktivität regelmässig das TinkerBoard, um ihre Arbeit mit der anderer Gruppen zu vergleichen und anhand dieser Informationen ihre eigenen Layouts zu ändern und zu verbessern (Abbildung 9-2). Sowohl die Lehrperson als auch die Lernenden nutzten die auf dem TinkerBoard angezeigten Informationen, um die Aktivität zu steuern und die TinkerLamps optimal zu nutzen.



Abbildung 9-1 • Die Lehrperson konsultierte das TinkerBoard während der Unterrichtsaktivität, um sich die Arbeiten der Lernenden gleichzeitig anzeigen zu lassen.



Abbildung 9-2 • Während der Unterrichtsaktivitäten konsultierten die Lernenden regelmässig das TinkerBoard.

Das TinkerBoard half der Lehrperson auch, bei der Diskussion der Optimierungsmöglichkeiten einen Bezug zur Arbeit mit der TinkerLamp herzustellen. Das TinkerBoard machte es einfach, den Kompromiss zwischen maximaler Raumausnutzung und minimaler durchschnittlicher Zeit pro Palette anhand der Lagerlayouts der Lernenden zu erläutern. Somit liessen sich die in der Diskussion («time for telling») besprochenen Konzepte in den Erfahrungen der Schüler verankern.

Das TinkerLamp-System wurde von uns zunächst entwickelt, um vielfältige Interaktionen zu ermöglichen, bis wir erkannten, dass die TinkerLamp-Daten ein wichtiger Teil dieser Technologie sind, den man pädagogisch nutzen sollte.

Beim Einbezug digitaler Tools in den Unterricht kann vieles schief gehen aber auch vieles gut laufen. Der Unterricht wird komplexer, sodass die Lehrperson nicht mehr so leicht überprüfen kann, ob die Lernenden die Tools wie vorgesehen anwenden; und für die Lernenden wird es schwerer zu erkennen, was die Mitschülerinnen und Mitschüler machen. Im Fall der TinkerLamp konnten Lehrende und Lernende anhand der anfassbaren Regale leicht erkennen, wie die einzelnen Gruppe ihre Lager organisiert hatten. Die Informationen in der projizierten Simulation waren allerdings schwieriger zu erkennen; und eine Historie der von den Gruppen entwickelten Pläne bis zum endgültigen Layout war überhaupt nicht verfügbar. All diese Informationen waren jedoch in den TinkerLamp-Daten enthalten. Mithilfe des TinkerBoards konnten diese Daten in eine für alle sichtbare, interaktive Visualisierung umgewandelt werden, die es allen ermöglichte, das Geschehen im Klassenraum zu beobachten und zu verstehen. Das trug dazu bei, dass die Aktivität «auf Kurs» blieb und gewährleistete den Lernerfolg.

Dieses Beispiel verdeutlicht einen wichtigen und für die Designer von Lerntechnologien besonders relevanten Punkt: Lehrende und Lernende brauchen Unterstützung, um mit der Komplexität, die digitale Tools mit sich bringen, umgehen zu können. Die Daten sollten nicht nur als Ausgangsmaterial für spätere Analysen von Forschenden oder Entwicklern betrachtet werden. Sie sollten vielmehr verwendet werden, um Lehrenden und Lernenden das aktuelle, das vergangene und das möglicherweise zukünftige Geschehen aufzuzeigen. Werden die Daten auf diese Weise genutzt, fungieren sie als Feedback-Mechanismus, mit dem Lehrende und Lernende sicherstellen können, dass sie die Tools richtig anwenden. Im vorliegenden Kapitel wird diese Art der Datennutzung «closing the loop» – den Kreis schliessen – genannt und jedes der hier vorgestellten Beispiele zeigt, wie wichtig dieses Konzept ist.

Die soziale Netzwerkanalyse

Realto wurde entwickelt, um die Erfassung, den Austausch und die Manipulation von Erfahrungen an den verschiedenen Lernorten des dualen Berufsbildungssystems (Praktikumsarbeitsplatz und Klassenraum) zu erleichtern. Ein zentraler Mechanismus von Realto besteht in der Fähigkeit der Lehrenden und der Berufsbildner, diese Erfahrungen im Unterricht oder am Arbeitsplatz zu sehen, zu beurteilen und ein entsprechendes Feedback zu geben. Wenn alles gut funktioniert, erleichtern diese Interaktionen den Informationsfluss zwischen den verschiedenen Lernorten, sodass die Lehrenden und die Berufsbildnerinnen oder Berufsbildner ihre jeweiligen Unterrichtsthemen aufeinander abstimmen können (siehe Kapitel 2 über das Erfahrungsraum-Modell).

All diese Interaktionen zwischen den Akteuren werden in den von Realto gesammelten Daten bewahrt. Jede Aktion, wie etwa die Bitte von Auszubildenden um Rückmeldung oder das Feedback von Berufsbildnern oder von Personen, die einen Beitrag «likern» oder kommentieren, wird von Realto in den Logfiles gespeichert. Uns wurde klar, dass wir mit diesen Daten das gesamte Realto-Netzwerk modellieren könnten. Für diesen Zweck entwickelte Mina Shirvani Boroujeni ein Netzwerkanalysemodul, das in Realto integriert ist (Boroujeni, 2018). Das Modul erstellt automatisch Grafiken, die jeden Akteur als Knoten darstellen, wobei die Verbindungslinien zwischen den Knoten unterschiedliche Arten von Interaktionen repräsentieren. Abbildung 9-3 zeigt ein Beispiel, ein Teilnetz mit Knotenpunkten für Auszubildende, Berufsbildner und Lehrende sowie Pfeillinien zur Darstellung der Kommunikation zwischen den Akteuren.

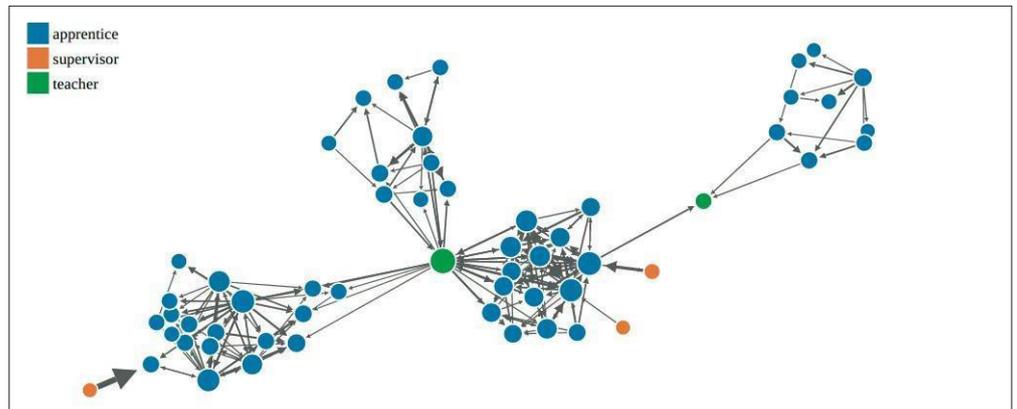


Abbildung 9-3 • Beispiel des Realto-Teilnetzes mit Lehrenden, Berufsbildnern und Auszubildenden in der Floristenausbildung

Hat Realto tatsächlich dazu beigetragen, Verbindungen zwischen den Akteuren herzustellen und Brücken zwischen den verschiedenen Lernorten des Berufsbildungssystems zu schlagen? Um diese Frage zu beantworten, haben wir vier Teilnetze mit Verbindungen zwischen (1) Auszubildenden, (2) Lehrkräften und Auszubildenden, (3) Berufsbildnern und Auszubildenden sowie (4) Auszubildenden und Lehrpersonen in der Schule und im Betrieb analysiert. Wir haben festgestellt, dass von den Auszubildenden, die Realto nutzten, 80 % mit einem oder einer anderen Auszubildenden vernetzt waren, 47 % mit einer Lehrperson in der Schule, 26 % mit einer Lehrperson im Betrieb und nur 1 % mit Lehrpersonen sowohl in der Schule als auch im Betrieb (siehe die Spalte zur Anzahl der Auszubildenden in Tabelle 9-1 im Anhang).

Auch wenn diese Prozentsätze darauf hindeuten, dass viele der Auszubildenden, die Realto nutzen, nicht mit ihren Lehrenden oder Berufsbildnern interagierten, erfassen sie nicht das ganze Bild. Beispielsweise konnten in den Realto-Daten keine Offline-Interaktionen zwischen Lehrenden, Lernenden und Berufsbildnern beobachtet werden. Uns waren aber viele solcher Verbindungen bekannt, die ausserhalb von Realto entstanden und nicht in dieser Statistik erfasst wurden.

Allerdings gab es eine statistische Messgrösse, die wir ernst nahmen: die binäre Reziprozität. Die binäre Reziprozität ist eine Zahl zwischen 0 und 1, die den Anteil der wechselseitigen Verbindungen in einem Diagramm erfasst. Wenn ein Auszubildender seine Lerndokumentation postet und eine Lehrperson in der Schule oder im Betrieb um Feedback bittet, wird das als einseitige Verbindung aufgefasst. Gibt die Lehrperson in der Schule oder im Betrieb aber ein Feedback, werden die Feedback-Anfrage und die Antwort als wechselseitige Verbindung notiert.

In unserer Analyse stellten wir fest, dass die binäre Reziprozität in allen Fällen unter 0,5 lag (Tabelle 9-2). Dass die Kommunikation zwischen den Akteuren in allen Fällen eher in nur eine Richtung als in zwei Richtungen verlief, war eine beunruhigende Feststellung. Es bedeutete, dass die Akteure auf eine Anfrage eher keine Antwort erhielten als eine Antwort zu erhalten. Vor allem im Zusammenhang mit der Lern- und Leistungsdokumentation war das besorgniserregend. Im Schweizer Berufsbildungssystem haben die Lernenden die Aufgabe, ihre Lernerfahrungen zu dokumentieren und mit einer Kompetenzliste zu verknüpfen. Eine der Voraussetzungen für den Erwerb eines Diploms ist die Vorlage einer solchen Lern- und Leistungsdokumentation. Diese Lern- und Leistungsdokumentation korrekt zu erstellen, ist für die Auszubildenden schwierig, sodass ein Feedback der Lehrenden in den Betrieben und in der Schule ihnen enorm hilft. Tatsächlich sind Berufsbildnerinnen und Berufsbildner nach den Bundesvorschriften verpflichtet, mindestens einmal pro Semester ihr Feedback zu einer Lern- und Leistungsdokumentation zu geben. Unsere Ergebnisse betreffend binäre Reziprozität in Realto deuten darauf hin, dass Auszubildende zwar um Rückmeldung bitten, die Lehrenden in Schule und Betrieb diese jedoch oft nicht in Realto erteilen.

In Abbildung 9-4 sind solche Kommunikationsnetze grafisch dargestellt. Einseitige Verbindungen sind mit einspitzigen Pfeilen dargestellt; wechselseitige Verbindungen mit doppelspitzigen Pfeilen. Die geringe Anzahl doppelspitziger Pfeile veranschaulicht, wie selten die wechselseitige Kommunikation in Realto ist.

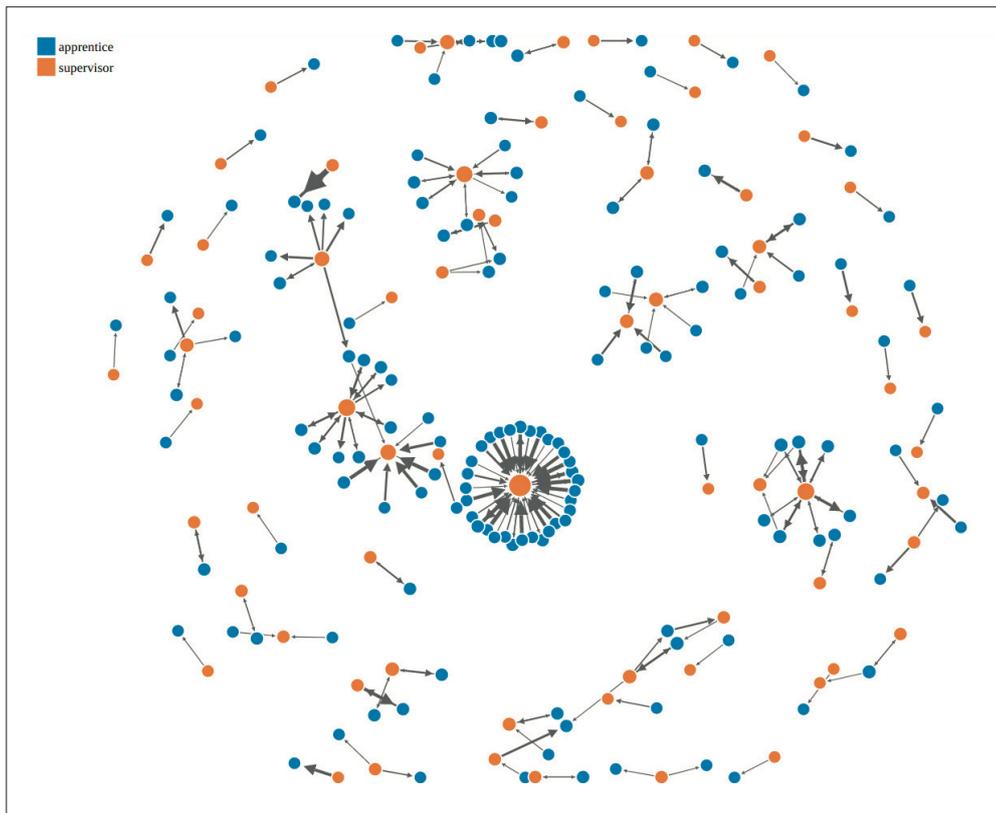


Abbildung 9-4 • Teilnetz der Kommunikation zwischen Berufsbildnern und Auszubildenden. Die Pfeilrichtung zeigt die Richtung der Interaktion an (z. B. vom Auszubildenden zum Berufsbildner) und die Strichstärke die Anzahl der Interaktionen zwischen zwei Personen.

Dieses Ergebnis war bestürzend, aber noch nicht das Ende der Geschichte.

Ähnlich verhielt es sich mit Bäckern und Köchen. Anstelle von Realto gibt es in diesen beiden Branchen jeweils eine eigene Plattform für die Lern- und Leistungsdokumentation (bei den Bäckern heißt sie LearnDoc, bei den Köchen e-DAP). Beide Plattformen entstanden im Rahmen des Dual-T-Projekts und sind einige Jahre älter als Realto. Die Bäcker und Köche nutzen diese Plattformen weiterhin anstelle von Realto, weil sie speziell für ihre Lehrberufe konzipiert wurden, ihre Bedürfnisse erfüllen und einwandfrei funktionieren.

Weder LearnDoc noch e-DAP verfügen über ein Modul für die Netzwerkanalyse, wie es in Realto integriert ist. Dennoch war es möglich, die Logfiles direkt auszuwerten um zu ermitteln, welches Feedback die jeweiligen Berufsbildnerinnen und Berufsbildner den angehenden Köchen und Bäckern gaben. Wie bei Realto stellten wir fest, dass viele der Lehrpersonen in den Betrieben ihren Auszubildenden wenig bis gar kein Feedback auf der Plattform gaben. Und wie bei Realto war das besorgniserregend, da die e-DAP-Plattform unter anderem explizit entwickelt worden war, damit Auszubildende von ihren Berufsbildnern ein Feedback erbitten und erhalten konnten.

Eine mögliche Lösung für dieses Problem fand Christian Gianneti, ehemaliger Koch und Berufsbildner, der heute hauptberuflich in der Schule unterrichtet. 2019 lud Christian die Berufsbildnerinnen und Berufsbildner zu einem Workshop ein, um ihnen zu zeigen, wie sie e-DAP für ihr Feedback nutzen können und welchen Mehrwert ein solches Feedback auf der Plattform hat.

Wie die kontinuierliche Kontrolle der Logfiles zeigte, begannen sich etwa zu dieser Zeit zwei Dinge zu ändern. Erstens nahmen die Feedback-Anfragen der Lernenden und die Rückmeldungen der Berufsbildner enorm zu und erreichten den höchsten Stand seit fast einem Jahrzehnt. Zweitens sank die durchschnittliche Zeitspanne zwischen den Feedback-Anfragen der Lernenden und den Rückmeldungen der Berufsbildner auf den bis dahin niedrigsten Stand (siehe Abbildung 3-8 in Kapitel 3).

Ein ähnlicher Effekt zeigte sich bei Realto – aufgrund der Art und Weise, wie die Workshops organisiert wurden (siehe Kapitel 4). Der Umfang der von den Lernenden ausgefüllten Lern- und Leistungsdokumentation war und blieb erheblich höher, wenn alle Akteure gemeinsam am gleichen Workshop teilnahmen und nicht nach Zielgruppen getrennt wurden. Wie wir in Kapitel 3 sahen, empfanden Auszubildende, die 2020 die e-DAP-Plattform nutzten, eine stärkere Vernetzung von Schule und Arbeitsplatz als Auszubildende, die diese Plattform nicht nutzten. Auch wenn wir das nicht mit Sicherheit sagen können, scheinen die positiven Veränderungen beim Feedback der Berufsbildner dazu beigetragen zu haben, dass diese Auszubildenden eine stärkere Verbindung zwischen den Lernorten wahrnahmen.

Dieses Beispiel veranschaulicht zwei Punkte. Der erste ist uns bereits begegnet: dass Daten eine wichtige Rolle spielen, damit der Kreis geschlossen werden kann. Für eine erfolgreiche Integration digitaler Technologien in die Berufsbildung sind Datenanalysen unerlässlich. Sofern kein triftiger Grund dagegen spricht, sollten die beim Einsatz digitaler Technologien gewonnenen Daten genutzt werden, um die optimale Anwendung dieser Tools zu gewährleisten. Der zweite Punkt betrifft den Wert von Berufsbildungsanalysen. Wir haben hier gezeigt, wie mit Hilfe einer Analyse der in der Schule, am Arbeitsplatz und in den überbetrieblichen Kursen anfallenden Daten ernste Probleme aufgedeckt und Wege aufgezeigt wurden, um diese Probleme zu lösen. Mit einem ausschliesslich auf Learning Analytics beschränkten Ansatz wären diese Probleme höchstwahrscheinlich übersehen worden, da bei der reinen Lernanalyse keine Daten von ausserhalb der Schule berücksichtigt werden. Das Berufsbildungssystem unterscheidet sich grundlegend von anderen Bildungssystemen. Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig massgeschneiderte Analysen für ein besseres Verständnis dessen sind, was in allen Teilen des Systems geschieht.

Neue Fertigkeiten

In unserem dritten und letzten Beispiel geht es um das Potenzial der Berufsbildungsanalyse, das gesamte Berufsbildungssystem zu informieren und generell zu gestalten. Der Hauptzweck des Berufsbildungssystems besteht darin, den Lernenden Fertigkeiten und Fachkenntnisse zu vermitteln, die es ihnen ermöglichen, unmittelbar nach ihrem Abschluss in einem Facharbeiterberuf zu arbeiten. Diese «Medaille» hat zwei Seiten: Dort, wo Fachkräfte benötigt werden, hofft man, die offenen Stellen mit adäquat ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen des Berufsbildungssystems besetzen zu können, während man im Berufsbildungssystem hofft, den Lernenden die spezifischen Fertigkeiten zu vermitteln, die nach ihrem Abschluss gefragt sein werden. Damit beide Seiten der Medaille berücksichtigt werden, müssen sich sowohl die Branchen als auch das Berufsbildungssystem aufeinander abstimmen. In der Schweiz findet diese Koordinierung alle fünf Jahre statt, wenn die Leiterinnen und Leiter des Berufsbildungssystems mit den regionalen und nationalen Branchenverbänden zusammentreffen. Auf dieser Tagung werden die zu erwerbenden Fertigkeiten in Ausbildungsplänen formalisiert, aus denen sich die Lehrpläne im gesamten Berufsbildungssystem ableiten.

Es handelt sich also um einen Top-down-Ansatz zur Lenkung der Berufsbildungslehrpläne. Akteure mit Erfahrung und Einfluss treffen fundierte Vorhersagen über die künftigen Bedürfnisse der Branchen und passen die Berufsbildungslehrpläne an, um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden. Das ist ein valider Ansatz, der seit Jahrzehnten funktioniert, aber auch Defizite aufweist, die nicht übersehen werden sollten.

Einer seiner offensichtlicheren Mängel besteht darin, dass die Aktualisierung in Fünfjahreszyklen möglicherweise zu langsam ist. Das gilt vor allem für die heutige Zeit, da die KI-getriebene vierte industrielle Revolution auf Hochtouren läuft. Durch die enorme Zunahme der Automatisierung und die Entstehung neuer Technologien haben sich die für eine Vielzahl von Arbeitsplätzen und Industriezweigen erforderlichen Qualifikationen rasch verändert. Bisher hochgeschätzte Fertigkeiten haben an Wertschätzung verloren, neue Fertigkeiten an Bedeutung gewonnen. Solche Veränderungen können sich rasch vollziehen und dazu führen, dass die Lernenden im Berufsbildungssystem veraltete Fertigkeiten erwerben müssen oder es versäumen, Fertigkeiten zu erlernen, die heute sehr gefragt sind. Eine Lösung dieses Problems bestünde darin, die Lehrpläne für die Berufsbildung häufiger zu aktualisieren, wobei ein Problem bleibt, das mit diesem Ansatz nicht gelöst werden kann:

die Vorhersage der Zukunft. Die Industrielandschaft ist komplex, und es ist nicht so einfach, vorauszusagen, welche Fertigkeiten in den kommenden Jahren wertvoll sein werden. Zum Beispiel hätten nur wenige vorausgesagt, dass Banker sich mit Peer-to-Peer-Networking, kryptografischem Hashing oder Public Ledgers auskennen müssten. Aber genau diese Konzepte haben mit einem Phänomen zu tun, das die Bankenlandschaft in den letzten zehn Jahren grundlegend verändert hat: die Entstehung von Kryptowährungen wie Bitcoin. Diese Art von Veränderung würden wohl nur wenige Menschen kommen sehen, unabhängig von ihrem Kenntnisstand oder Einfluss.

Eine Möglichkeit, solche Defizite zu umgehen, ist die Einführung eines Bottom-up-Ansatzes in den Prozess. Damit würden auch dem Berufsbildungssystem Informationen über künftige Kompetenzen geliefert, die allerdings direkt vom Arbeitsmarkt abgeleitet würden. Ramtin Yazdanian untersuchte die Machbarkeit dieses Ansatzes in seiner Dissertation (Yazdanian, 2021). Sein Ansatz bestand darin, Vorhersagemodelle für Arbeitsmarktdaten zu trainieren, um neu entstehende Fertigkeiten vorauszusagen. In diesem Satz ist viel enthalten, also betrachten wir ihn Wort für Wort.

Erstens: Was ist ein Vorhersagemodell? Die Vorhersagemodellierung ist ein Verfahren, das auf historischen Daten beruhende statistische Modelle verwendet, um zukünftige Ergebnisse vorauszusagen. Ein einfaches Beispiel für ein Vorhersagemodell ist eine an Daten angepasste Gerade. Vielleicht möchten Sie in der Halbzeit-Werbepause versuchen, das Endergebnis Ihres Lieblings-Basketball-Teams vorherzusagen? Sie können die Punktzahl auf der y-Achse und die Zeit auf der x-Achse eintragen und dann eine Gerade zwischen diesen Daten ziehen. Verlängern Sie die Gerade bis zum Ende des vierten Quartals, und sie erhalten die Vorhersage des Endergebnisses. Diese Methode ist einfach, aber in der Regel nicht präzise. Es gibt komplexere Methoden, die bessere Vorhersagen liefern können, aber diese setzen meist große Datenmengen voraus.

Ramtin konnte diese ausgefeilteren Methoden anwenden, weil er einen riesigen und weitgehend ungenutzten Pool von Arbeitsmarktdaten entdeckte: Stellenanzeigen. In den letzten 10–15 Jahren haben Unternehmen Stellenanzeigen auf Websites wie monster.com und linkedin.com geschaltet. Diese Websites verfügen über riesige Archive historischer Stellenanzeigen, die Informationen über die Dynamik der im Arbeitsmarkt gefragten Fertigkeiten enthalten. Ramtins Hypothese war, dass Vorhersagemodelle, die für das Erlernen dieser Dynamiken trainiert werden, in der Lage sein müssten, neu aufkommende und obsolet werdende Fertigkeiten im Arbeitsmarkt vorherzusagen.

Nur das Entstehen oder Verschwinden von Fertigkeiten vorherzusagen, war jedoch nicht das, was ihn vorrangig interessierte. Das eigentliche Ziel seiner Arbeit war die Vorhersage, welche Fertigkeiten zu dem Zeitpunkt nachgefragt würden, wenn

Auszubildende das Berufsbildungssystem verlassen und in den Arbeitsmarkt eintreten. Ramtin nannte sie «emerging skills» – neue Fertigkeiten – und definierte sie als «previously low-demand skills that have recently experienced a surge in hiring demand» – bisher wenig nachgefragte Fertigkeiten, die in jüngster Zeit immer häufiger in Anforderungsprofilen genannt werden. Neue Fertigkeiten anhand historischer Daten vorherzusagen, ist ausserordentlich schwierig, da sie kaum von anderen, selten nachgefragten Fertigkeiten, die nie bedeutsam werden, zu unterscheiden sind.

Um dies nachweisen zu können, entwickelte Ramtin ein Vorhersagemodell, das aufkommende Fertigkeiten im IT-Sektor identifizieren sollte. Er begann mit einem Datensatz von Stellenanzeigen, in denen die jeweils erwünschten Fertigkeiten aufgelistet waren. Anhand dieser Daten erstellte er eine Zeitreihe über die «Beliebtheit» der einzelnen Fertigkeiten auf dem Arbeitsmarkt und extrahierte Hunderte von Merkmalen aus diesen Zeitreihen. Das waren unter anderem zusammenfassende Statistiken (z. B. Mittelwert, verschiedene Quantile, Varianz), lineare Trends, Messgrößen für Nichtlinearität und Spitzen sowie FFT-Koeffizienten. Die aussagekräftigsten Merkmale wurden mit einer Kombination verschiedener Methoden ermittelt und in einem einzigen logistischen Regressionsmodell zusammengefasst. (Die vollständigen technischen Details dieses Modells sind in Yazdanian et al., 2022 zu finden.)

Ramtin stellte fest, dass die Vorhersage neuer Fertigkeiten durchaus möglich sei. Sein bestes Modell war durchwegs in der Lage, eine Reihe von starken Referenzkonfigurationen zu übertreffen und zeigte somit, dass Daten aus Stellenanzeigen ausreichend Informationen enthalten, um viele der zukünftig benötigten Fertigkeiten voraussagen zu können.

Mit Daten aus dem IT-Sektor hatte das funktioniert; es war jedoch nicht klar, ob es auch im Bereich der beruflichen Bildung funktionieren würde. Die IT-Branche verändert sich rasant: Täglich werden neue Programmiersprachen, Technologien, Frameworks und Plattformen eingeführt. Ein Berufsbildungsbereich wie das Maurerhandwerk verändert sich naturgemäss nicht so schnell.

Was passierte also, als Ramtin seine Methode auf Stellenanzeigen für klassische Lehrberufe anwendete? Die Ergebnisse waren nicht so eindeutig. Er wendete seine Methode auf Stellenanzeigen aus zwei Berufsbildungsbereichen an: Logistik und Gesundheitswesen. In einigen Fällen konnte sein Modell brauchbare Prognosen liefern, in anderen Fällen versagte es. Einer der wahrscheinlichsten Gründe hierfür ist, dass sich seine Methode, da sie mit Hilfe von Daten aus dem IT-Arbeitsmarkt entwickelt wurde, für den Kontext der klassischen Lehrberufe schlecht eignet. Ein ähnliches Problem haben wir schon im Zusammenhang mit der sozialen Netzwerkanalyse gesehen: Die Methoden, die Mina Shirvani Boroujeni auf der Basis von MOOC-Daten entwickelt hatte, funktionierten auch nicht, wenn sie auf Daten aus dem Berufsbildungsbereich angewendet wurden. Sie musste daher neue, speziell auf die Berufsbildung zugeschnittene Methoden entwickeln. Ein ähnlicher Ansatz ist wahrscheinlich auch hier erforderlich. Anstatt die Ergebnisse von Ramtin als gescheitert abzutun, sehen wir sie als Erinnerung daran, dass die Berufsbildung ein einzigartiger Bereich ist, der eigene Methoden und Ansätze erfordert. Mit Beharrlichkeit und Glück finden wir (oder jemand anderes) eine Möglichkeit, Stellenanzeigen aus dem Bereich der klassischen Lehrberufe für Vorhersagen über die Fertigkeiten zu nutzen, die Lernende nach ihrem Abschluss benötigen.

Was ist nun das Fazit aus diesem Beispiel? Es gibt mehr als eine Schlussfolgerung: Erstens veranschaulicht das Beispiel, warum Berufsbildungsanalysen umfassender ausgelegt sein müssen als reine Lernanalysen, die sich ausschliesslich mit der Optimierung von Lernprozessen befassen. Das Lernen zu optimieren, ist wichtig. Im Berufsbildungssystem ist es jedoch auch wichtig sicherzustellen, dass die erworbenen Fertigkeiten nach Abschluss der Ausbildung nachgefragt werden. Mit anderen Worten: Auch der Lehrplan muss optimiert werden. Mit einem reinen Learning-Analytics-Ansatz würde nur das Lernen der Auszubildenden optimiert. Die Inhalte des Lehrplans würden nicht berücksichtigt. Langfristig bringt dieser Ansatz Auszubildende mit hervorragenden, aber obsoleten Fertigkeiten hervor. Durch die umfassenden

dere Berufsbildungsanalyse wird dies vermieden, da bei diesem Ansatz die Komplexität und die Vernetzung des Berufsbildungssystems berücksichtigt wird.

Das zweite Fazit können Sie vielleicht schon nicht mehr hören: Daten zu nutzen ist wichtig, um den Kreis zu schliessen und sicherzustellen, dass die Dinge wie vorgesehen funktionieren. Hier geht es um den Kreis, der auf der Makro-Ebene zu schliessen ist, und die entsprechende Technologie ist das gesamte Berufsbildungssystem. Sollten wir jemals in der Lage sein, die Daten des Berufsbildungssystems (Arbeitsmarktdaten) zu nutzen, um Vorhersagen darüber zu treffen, welche Fertigkeiten künftig wichtig werden, dann schliesst sich einer der vielen Kreise im Berufsbildungssystem. Dies wiederum wird dazu beitragen, die Berufsbildung flexibler zu gestalten und den Auszubildenden, die das System absolvieren, relevantere Fertigkeiten zu vermitteln.

Was heisst das nun?

Wenn es nur drei Dinge gibt, die Sie aus diesem Kapitel mitnehmen, dann sollten es diese sein:

Erste Erkenntnis: Die Berufsbildungsanalytik ist ein neuartiger Ansatz, der die Komplexität des Berufsbildungssystems berücksichtigt. Das Beispiel der «neuen Fertigkeiten» zeigt, warum ein lernanalytischer Ansatz, der sich ausschliesslich auf die Lernprozesse konzentriert und andere Aspekte des Berufsbildungssystems ausser Acht lässt, ungeeignet ist. Die verschiedenen Teile des Berufsbildungssystems sind eng miteinander verbunden. Was die Auszubildenden im Unterricht lernen, wird von einem Lehrplan bestimmt, der auf die zukünftigen Bedürfnisse von Unternehmen zugeschnitten ist. Nur die Lernprozesse zu optimieren und den Lehrplan aussen vor zu lassen, ist im Rahmen der Berufsbildung nicht sinnvoll. Die Berufsbildungsanalytik basiert auf einem Verständnis der Komplexität und Vernetzung des Berufsbildungssystems und erkennt die Notwendigkeit an, unterschiedliche Akteure, Zusammenhänge und Ergebnisse zu berücksichtigen.

Auch das Beispiel der sozialen Netzwerkanalyse veranschaulicht diese Idee. Um zu sehen, warum, braucht es ein wenig mehr Hintergrundinformationen. Mina entwickelte ihre Methoden mit Hilfe von Daten aus einem MOOC, einem Online-Kurs mit sehr vielen Teilnehmenden (Boroujeni, 2017). Aufgrund der strukturellen Unterschiede zwischen solchen Online-Kursen und dem Berufsbildungssystem, konnte sie ihre Methoden jedoch nicht direkt auf die Realto-Daten anwenden. Sie musste ihre Methoden anpassen, um den Unterschieden hinsichtlich der Akteure, der sozialen Interaktionen und der Kommunikationsmuster Rechnung zu tragen. Dies verdeutlicht wiederum die Untauglichkeit bestehender Analyseansätze und die Notwendigkeit eines neuen Ansatzes, der die Komplexität der Berufsbildung versteht und berücksichtigt.

Das Beispiel des TinkerBoards zeigte, dass Methoden aus der Lernanalytik immer noch einen zentralen Platz in der Berufsbildungsanalytik einnehmen. Es veranschaulichte, wie die Einführung eines Dashboards zur Visualisierung von Daten im Unterricht dazu beitrug, dass sich die TinkerLamp positiv auf die Lernprozesse auswirkte. Hier wurde die Lernanalytik ganz direkt und effektiv im Berufsbildungsunterricht eingesetzt. Dieses Beispiel erinnert daran, dass die Berufsbildungsanalytik auch über alle Instrumente aus dem Bereich der Lernanalytik verfügt. Die anderen Beispiele zeigen, warum es wichtig ist, über eben diese Instrumente hinauszugehen, wenn die Berufsbildungsanalytik das gesamte Berufsbildungssystem effektiv optimieren soll.

Zweite Erkenntnis: Die Daten sind ein wesentlicher Bestandteil der Technologie, kein Nebeneffekt. Daher: «Achten Sie auf die Daten!» Dieser Appell richtet sich vor allem an die Entwickler von Lerntechnologien. Die Beispiele in diesem Kapitel zeigen, dass man das Potenzial von Lerntechnologien nicht wirklich ausgeschöpft, wenn man erzeugte Daten ignoriert. Bei der TinkerLamp war das Ausblenden der Interaktionsdaten vor den Nutzern einer der Hauptgründe, warum die Auszubildenden nicht lernten. Und im Fall von Realto erkannten wir erst, als Mina die Daten

durchforstete, dass die fehlenden Rückmeldungen seitens der Lehrenden in Schule und Betrieb sich weitreichender und schwerwiegender auswirkten als zunächst angenommen.

Für uns sind daher die von Lerntechnologien erzeugten und protokollierten Daten kein Nebeneffekt, sondern ein wesentlicher Bestandteil der Technologie. Das sollten Entwickler anerkennen und dafür sorgen, dass die Nutzer leicht auf die Daten zugreifen und sie verstehen können. Die Bereitstellung einfacher Möglichkeiten für den Zugriff auf die Daten, deren Filterung und Visualisierung wird wahrscheinlich zu einem effektiven Einsatz der Technologie beitragen.

Im Zusammenhang mit den «neuen Fertigkeiten» haben wir dieses Prinzip auf das gesamte Berufsbildungssystem angewandt. Bei diesem Beispiel waren die Nutzer Verwaltungsbehörden und Industrieverbände, die alle fünf Jahre über die Lehrpläne für die berufliche Bildung entscheiden; und die Daten, die sie nicht nutzten, waren Stellenanzeigen, die Informationen über die im Arbeitsmarkt nachgefragten Fertigkeiten enthielten. Wie unsere Studie zeigte, enthalten diese Daten Informationen, die zur Vorhersage neuer Fertigkeiten genutzt werden könnten, wobei wir den Nutzern noch zeigen müssen, wie sie diese Informationen in ihre Entscheidungsfindung einbeziehen können. Den anderen Beispielen nach zu urteilen, werden diese Daten, sobald sie in den Entscheidungsprozess einfließen, dazu beitragen, dass die «Technologie» des gesamten Berufsbildungssystems wie vorgesehen funktioniert.

Dritte Erkenntnis: Um das Berufsbildungssystem zu verbessern, muss die Berufsbildungsanalytik «den Kreis schliessen». Unsere Schlussbemerkung bezieht sich auf die Frage, wie wir mit den Ergebnissen der Berufsbildungsanalytik umgehen sollten. Alle Ergebnisse oder Erkenntnisse sollten genutzt werden, um «den Kreis zu schliessen». Mit anderen Worten, sie sollten als Quelle für Rückmeldungen gesehen werden, die dem Berufsbildungssystem helfen, sich selbst zu verbessern. Wenn die Ergebnisse dieser Analysen nur in Berichte oder Abhandlungen münden, bleibt ihre Wirkung auf das Berufsbildungssystem gering. Diese Erkenntnisse müssen in das System, das die Daten generiert hat, zurückgespeist werden, damit das System selbst auf dem richtigen Weg bleibt.

Im Fall der TinkerLamp wurden die aus den Interaktionsdaten gewonnenen Informationen auf dem TinkerBoard visualisiert. Lehrende und Lernende orientierten sich regelmässig an diesem Dashboard, um das Unterrichtsgeschehen besser zu verstehen; und die Lehrenden nutzten das Board, um die Arbeit mit der TinkerLamp in Bezug zu den Unterrichtskonzepten zu setzen. Ohne das TinkerBoard war es für die Lehrenden schwieriger festzustellen, ob die Lernenden vom Kurs abgekommen waren, und für die Lernenden war es schwieriger, ihre eigenen Aktivitäten mit denen ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler zu vergleichen. Das TinkerBoard diente also als Feedback-Quelle: Erst nach Einführung dieses Boards konnten mit der TinkerLamp signifikante Lernerfolge erzielt werden.

Um den Kreis zu schliessen, braucht es keine Hightech-Übung. Im Fall von Realto nutzte man die Information, dass die Lehrenden in der Schule und im Betrieb den Lernenden zu wenig Feedback gaben, um den Kreis mit Hilfe eines Workshops zu schliessen. Christian zeigte den Lehrenden beider Lernorte, wie sie Feedback-Anfragen sehen und beantworten sollten und wie wichtig es ist, Feedback über das e-DAP-System zu geben. Im Anschluss an den Workshop stieg die Zahl der Rückmeldungen deutlich an, während sich der Zeitraum zwischen Feedback-Anfrage und erteiltem Feedback verkürzte. Ein analoger Effekt zeigte sich, als die Zusammensetzung der Workshops geändert wurde (siehe Kapitel 4).

Wir wissen noch nicht genau, was geschieht, wenn wir die Daten über «neue Fertigkeiten» nutzen, um den Kreis im Zusammenhang mit den Berufsbildungslehrplänen zu schliessen. Wir hoffen, dass sie dazu beitragen werden, das Berufsbildungssystem flexibler zu gestalten, die Berufsbildungslehrpläne relevanter zu machen und den Lernenden die Fertigkeiten und Kenntnisse zu vermitteln, die sie auf die Zukunft der Industrie vorbereiten.

Anhang

Classrooms in Bulle		Classrooms in Yverdon	
No of Students	Condition	No of Students	Condition
15	No TinkerBoard	15	No TinkerBoard
17	TinkerBoard	16	TinkerBoard

Tabelle 9-1 • Aufbau der Unterrichtsstudie zur Bewertung des TinkerBoards

Sub-network type	Apprentices count (%)	Teachers count (%)	Trainers count (%)	Binary reciprocity
Apprentices	458 (80%)	NA	NA	0.44
Teachers to Apprentices	266 (47%)	54 (52%)	NA	0.21
In-company trainers to Apprentices	147 (26%)	NA	68 (86%)	0.49
Teachers to In-company trainers to Apprentices	53 (1%)	22 (21%)	15 (19%)	0.28

Tabelle 9-2 • Nutzerverteilung und Reziprozität der Teilnetzwerke in Realto

Kapitel 10

Synthese

Pierre Dillenbourg, Alberto Cattaneo, Jean-Luc Gurtner, Richard Lee Davis

Als generelle Antwort auf unsere Frage «*Welche digitalen Technologien tragen zur Verbesserung der (dualen) Berufsbildung bei?*» haben wir das Erfahrungsraum-Modell vorgeschlagen, das als zirkulärer, iterativer und inkrementeller Ablauf von Lernaktivitäten beschrieben werden kann, der auf digital erfassten Erfahrungen basiert und sich auf mehrere Lernorte (Arbeitsplatz und Schule) verteilt. Natürlich stellt ein Modell immer eine Vereinfachung der Realität dar: Manchmal besteht das Berufsbildungssystem nicht aus zwei Räumen, sondern aus einem einzigen (z. B. wenn Berufswerkstätten in Schulen organisiert werden) und öfter aus drei Orten (z. B. Betrieb, Schule und Branchenkurse). Eine weitere Vereinfachung unseres Modells besteht darin, dass die Berufserfahrung in Berufen, die Gegenstände produzieren (Tischler, Floristen, Köche) leichter erfasst werden kann, als in Berufen, in denen Beziehungen zu anderen Personen im Mittelpunkt stehen (z. B. Verkäufer, Krankenschwestern). Diese Vereinfachungen machen einerseits die Stärke oder gar den Zweck eines Modells aus: Sie machen den Erfahrungsraum zu einem «Werkzeug mit dem man denken kann». Einige Vereinfachungen können angesichts der Komplexität des Schweizer Berufsbildungssystems durchaus als sehr hilfreich angesehen werden.

Andererseits haben Vereinfachungen zur Folge, dass sich das Modell nicht so einfach auf reale Situationen übertragen lässt. Daher enthält unser Buch mehrere Beispiele für den Einsatz von Lerntechnologien in verschiedenen Berufen: Köche, Bäcker, Kosmetiker, Bekleidungsdesigner, Logistiker, Tischler, Maler und Gartenbauer. Die in diesen Kontexten entwickelten Lerntechnologien basieren auf demselben konzeptionellen Modell, sind aber letztlich sehr unterschiedlich. Das liegt daran, dass die Umsetzung eines konzeptionellen Modells in einem bestimmten Kontext kein einfacher Anwendungsprozess ist, sondern ein kreativer Gestaltungsprozess, der von einem konzeptionellen Rahmen inspiriert wird. Zum Abschluss dieses Buches stellen wir vier Konzepte heraus, welche die Gestaltung einer beruflichen Lernumgebung leiten.

- **Brücken bauen.** Unsere zentrale Hypothese war, dass Technologien das Missverhältnis zwischen den beiden Teilen eines dualen Systems, der Schule und dem Arbeitsplatz, beheben können. In Gesprächen mit Lehrenden, Auszubildenden und Berufsbildnern wurde uns schnell klar, dass zwischen diesen beiden Orten eine «Qualifikationslücke» besteht: Was Auszubildende in der Schule lernen, wird von ihnen nicht unbedingt als nützlich für ihre Arbeit empfunden, und was sie am Arbeitsplatz tun, erlaubt ihnen nicht, dem, was in der Schule gelehrt wird, einen Sinn zu geben. Gleichzeitig erkannten wir, dass die Verknüpfung zwischen den Lernorten eine grosse Chance für intensives Lernen und die Weiterbildung von Fachkräften darstellt. Mit dem Erfahrungsraum (siehe Kapitel 2 und 3) haben wir versucht, ein pädagogisch wertvolles Modell zu entwickeln, um die umfassenden Erfahrungen der Lernenden in beiden Lernkontexten mit Hilfe digitaler Tools besser zu artikulieren. Der Erfahrungsraum ist das berufsspezifische Instrument, mit dem Lehrende und Berufsbildner technologiegestützte Lernaktivitäten gestalten können, um dieses Prinzip in die Praxis umzusetzen.
- **Netzwerken.** Wie bereits mehrfach erwähnt, ist das Schweizer Berufsbildungssystem nicht einfach dual, sondern viel komplexer. Diese Komplexität wurde in Kapitel 1 beschrieben, ebenso die Spannungen, die sich daraus zwischen den verschiedenen Akteuren ergeben können, die mit Auszubildenden in der Schule, in den Branchenkursen und in den Betrieben zu tun haben. Das Schweizer Berufsbildungssystem stützt sich auf ein komplexes Netzwerk aus Teilnetzwerken, die sich in fachlicher, geografischer und sprachlicher Hinsicht unterscheiden. Da digitale Technologien inhärent Kommunikationstechnologien sind, besteht einer ihrer offensichtlichen Vorteile darin, die Akteure der Berufsbildung zu vernetzen, d. h. umfassende Interaktionen und einen guten Informationsfluss zwischen allen an der beruflichen Ausbildung junger Menschen beteiligten Personen zu unterstützen. Berufsbildungsnetzwerke unterscheiden sich von den bekannten sozialen Netzwerken zum einen, weil die Mitglieder sehr unterschiedliche Rollen

und Aufgaben haben und zum anderen, weil sie in recht hermetischen Teilnetzwerken (Communities) mit einer eigenen starken beruflichen Identität gruppiert sind. Kapitel 4 untersuchte die Bedürfnisse und Lösungen für die Vernetzung aller Akteure, die an der Berufsbildung ihrer «gemeinsamen» Auszubildenden beteiligt sind.

- **Manipulieren.** Eine Besonderheit von Berufsfachschulen im Vergleich zu allgemeinbildenden Oberschulen besteht darin, dass die in ihren Lehrplänen aufgeführten Lernaktivitäten die Manipulation physischer Objekte oder die Ausführung fachspezifischer Handgriffe voraussetzen, was in allgemeinbildenden Gymnasien seltener der Fall ist. Diese Berufsbildungslehrpläne profitieren von digitalen Technologien, bei denen Auszubildende die Möglichkeit erhalten, realistische berufsspezifische Gegenstände physisch oder zumindest virtuell handzuhaben. Als wir 2006 begannen, beschränkten sich die Interaktionen zwischen einem Lernenden und einer Lernumgebung in der Regel auf eine Maus und eine Tastatur – zumindest in der täglichen Praxis. Um das Lernen stärker mit physischen Interaktionen zu bereichern, haben wir die Entwicklung von anfassbaren Schnittstellen und AR-Systemen vorangetrieben (siehe Kapitel 6 und 7). Heute, mit dem aufkommenden Internet der Dinge und der Allgegenwart der additiven Fertigung, muss den Akteuren des Berufsbildungssystems die Kontinuität zwischen digitalen und physischen Aspekten nicht mehr nachgewiesen werden.
- **Kontrollieren.** Die vierte Hypothese ist eine logische Folge der zweiten. Wie in der Einleitung vorausgesagt, ist der Aufwand für die Kontrolle der Funktionsweise eines Systems umso grösser, je komplexer das System ist. Heute sind nicht nur Maschinen wie unsere Autos oder Flugzeuge, sondern auch soziale Strukturen wie das Bildungssystem mit inneren und äusseren Sensoren ausgestattet, mit denen sie gesteuert werden. Die Technologie kann diese Regelungsmechanismen verbessern, sie beschleunigen und fundiertere, evidenzbasierte Entscheidungen unterstützen, die sie anpassungsfähiger und flexibler machen und näher an die Arbeitswelt heranführen. In Kapitel 9 wurde erläutert, dass die für die Berufsbildung entwickelten Lernanalysen viel weiter gefasst sind als die für die Allgemeinbildung entwickelten, denn sie modellieren Prozesse, die nicht allein im Klassenraum stattfinden, sondern alle an der Ausbildung beteiligten Akteure einbeziehen. Sie berücksichtigen sogar externe Faktoren wie die Entwicklung des Arbeitsmarktes, etwa das Entstehen neuer Anforderungen an die zu erwerbenden Fertigkeiten.

Am Ende hat dieses Buch nicht den Nachweis erbracht, dass es die eine technologische Wunderwaffe gibt, um den Bedürfnissen der Berufsbildungssysteme gerecht zu werden. Diese 16 Jahre Schulversuche sind mit vielen Erfolgsgeschichten und ebenso vielen Fehlschlägen gepflastert. Wie in der Einleitung erwähnt, haben Technologien keine intrinsische Wirkung. Ihre Wirkung hängt von der Qualität der Lernaktivitäten ab, die Auszubildende und ihre Ausbilder im Umgang mit Technologien absolvieren müssen. Letzteren haben wir ein pädagogisches Modell zur Gestaltung vielfältiger Lernaktivitäten zur Verfügung gestellt, das Technologien unterschiedlicher Art und auf unterschiedliche Weise integriert und viele dieser Möglichkeiten rekursiv und iterativ in einer kontinuierlichen Interaktion zwischen Forschenden und Praktikern erprobt. Wir haben Studien erstellt und technologische Werkzeuge und Anwendungen, Unterrichtspläne und Lernaktivitäten entwickelt. Wir haben ein pädagogisches Modell eingeführt und es in formellen und informellen Ausbildungsmassnahmen verbreitet. Wir haben uns auf die Erfahrungen der Auszubildenden konzentriert und gelernt, dass der Erfahrungsraum mit unterschiedlichen Erfahrungen – ob authentisch oder simuliert, ob eigene Erfahrungen oder fremde – funktioniert. Wir haben festgestellt, dass dieser situierte Ansatz auch gut auf das offizielle Modell der Berufsbildungslehrausbildung in der Schweiz abgestimmt ist und es ergänzt (vgl. Cattaneo & Boldrini, 2022). Zusammen mit dem Modell haben wir auch Nachweise über seine Ergebnisse, über Auszubildende und Lehrkräfte, über die digitale Transformation von Schulen sowie über das Berufsbildungssystem und seine Vernetzung von Akteuren und Lernorten, geliefert.

Obwohl unser Modell bereits gut funktioniert, kann es natürlich verbessert werden, und es lässt Raum für weitere Untersuchungen und viele noch offene Fragen – von der Nachhaltigkeit der von uns entwickelten Tools über die Skalierbarkeit unseres Ansatzes bis hin zum generativen Zusammenspiel von Forschung, Praxis und Politik. All dieser wunderbare Reichtum lässt sich mit wenigen Worten zusammenfassen:

Gestaltung ist wichtig. Wir haben Technologien mitgestaltet; wir haben gemeinsam mit Lehrenden Lernaktivitäten gestaltet; wir haben erkannt, dass es manchmal besser ist, Technologien zu kombinieren, als sich auf einzelne von ihnen zu konzentrieren. Durch diese Interaktionen haben wir auch die Beziehungen zwischen den Akteuren der Berufsbildung neu gestaltet. Damit haben wir in bescheidenem Masse dazu beigetragen, die Kultur der beruflichen Bildung mitzugestalten, im Versuch, die Möglichkeiten digitaler Technologien zu nutzen. Wir haben uns bemüht, diese 16-jährige Reise mit dem vorliegenden Buch zusammenzufassen und zu teilen. Wir hoffen, es zeigt die Vielfalt der Lernaktivitäten, die sich mit Hilfe der heute verfügbaren digitalen Tools entwickeln lassen.

Epilog

Während des gesamten Dual-T-Projekts haben wir enorm von der Beratung durch die Mitglieder unseres Beirats profitiert. Dieser von ihnen verfasste Epilog ist eine angepasste Version ihres Abschlussberichts über das Projekt.

Die Bedeutung von Dual-T

Friedrich Hesse, Etienne Wenger-Trayner, Jim Pellegrino, Mike Sharples, Ulrich Hoppe und P. Robert-Jan Simons.

Einige Überlegungen des Beirats

In diesem Epilog steuert der Beirat von Dual-T Überlegungen zur Bedeutung dieses langjährigen Projekts bei. Wir betrachten dieses Vermächtnis in zwei Richtungen:

1. In Bezug auf die Forschungsergebnisse, die Dual-T zu verschiedenen Disziplinen und zum Schweizer Berufsbildungssystem beigetragen hat
2. Im Hinblick darauf, was wir von Dual-T als Demonstrationsprojekt langfristiger, designbasierter, innovationsgetriebener und der Transformation der Praxis verpflichteter Forschung lernen können

1. Das Vermächtnis des «Erfahrraum»-Modells

Um die Lücke zwischen schulischem und betrieblichem Lernen zu überbrücken, entwickelte das Dual-T-Team das in Kapitel 2 vorgestellte pädagogische Modell des Erfahrraums. Dieses Modell diente der Forschung und Entwicklung während des gesamten Projekts und ist wahrscheinlich der wichtigste Output von Dual-T. Seine theoretische Bedeutung besteht darin, Erfahrungslernen als Perspektive aus der Lerntheorie (Dewey, Vygotsky, Engeström, Kolb) darzustellen, um die Lücken zwischen Lernen am Arbeitsplatz und Lernen in der Schule zu konzeptualisieren. Seine Bedeutung als Rahmenwerk ergibt sich aus der Verankerung in einem Modell des dualen Berufsbildungssystems:

- Berücksichtigung der relevanten konzeptionellen und praktischen Aspekte der Herausforderung des dualen Berufsbildungssystems unter Einbeziehung der Akteure und der beteiligten Orte (Auszubildende, Lehrende an der Schule und Betreuer am Arbeitsplatz)
- Vorlage eines dynamischen Modells für ihren Platz und ihre Rolle in einem dualen Lernzyklus, der typisch für das Berufsbildungssystem der Schweiz ist

Aufbauend auf diesem Modell des dualen Systems besteht der wesentliche Beitrag des Erfahrraum-Modells darin, die Bildungsperspektive durch Einbeziehung eines «digitalen Raums» zu erweitern, der das Verhältnis Schule-Arbeitsplatz vermittelt. Dieser in das Modell integrierte digitale Raum eröffnet damit ein wichtiges Feld für die Bildungstechnologie. Wie die Erfahrraum-Grafik verdeutlicht, stellt der «digitale Raum» einen vollwertigen pädagogischen Begleiter zum «physischen Raum» der dualen Berufsbildung dar (siehe Abbildung 2-1 in Kapitel 2). Das Diagramm zeigt, wie dieses zusätzliche Element die eindimensionale Schul-Arbeitsplatz-Beziehung in einen zweidimensionalen Raum transformiert hat, dessen vier Quadranten einen Kreis bilden und somit dem Modell zusätzliche «Freiheitsgrade» verleihen. Das Dual-T-Projekt kann als Erforschung der neuen Freiheitsgrade verstanden werden, die durch diese zusätzliche Dimension entstehen.

Um diesem Modell eine pädagogische Verkörperung zu geben, haben sich die Technologieentwicklung und -anwendung von Dual-T auf zwei Aspekte des Modells konzentriert:

- Die Rolle von Darstellungen bei der Besiedlung des digitalen Raums und der Ermöglichung neuer Lern- und pädagogischer Praktiken

- Die Prozesse, mit denen Darstellungen aufgrund ihrer Fähigkeit, sich durch das Modell zu bewegen und im Prozess transformiert zu werden, zum dualen Lernzyklus beitragen

Der digitale Raum: die Rolle der Darstellungen

Um das Modell als Instrument der Veränderung zu aktivieren, war das primäre Ziel und Ausgangspunkt von Dual-T die Einführung neuer, sowohl vollständig als auch teilweise digitaler Darstellungsformen. Diese wurden als Träger und Initiatoren von Transformationen konzipiert und geschaffen. Im Erfahrungsraum-Modell werden Instanzen dieser Darstellungen als Gegenstände im digitalen Raum (Quadranten II und III) bezeichnet. Entsprechend der inhärenten Dynamik des Modells dienen diese Gegenstände als Bindeglied zwischen Arbeitsplatz (I) und Schule (IV).

Die pädagogischen Funktionen der im Kontext von Dual-T geschaffenen Darstellungen reichen von der Erfassung bis zum Teilen, zur Erweiterung oder auch dem Ausweiten von Erfahrungen:

- **Erfassen und Teilen:** In ihrer grundlegendsten Rolle werden digitale Darstellungen verwendet, um Informationen in strukturierter Form zu erfassen und gegebenenfalls auszutauschen. Dies ist etwa der Fall bei einem «Lernjournal». Die computergestützte Darstellung soll hier keine fachspezifischen Erkenntnisse hinzufügen, sondern Inhalte transportabel erzeugen und verkapseln.
- **Annotieren:** Die Kombination von erfassten Informationen (Bilder, Skizzen) mit Annotationen, wie sie im Bereich des Modedesigns beispielhaft sind, führt fachspezifische Elemente ein. Diese überlagern die Rohdarstellung mit Anmerkungen, welche die professionelle Praxis erfassen und als Bildsprachen dienen.
- **Antworten:** Einige Darstellungen werden verwendet, um eine Sicht der Welt zu erstellen, die Rückmeldungen zu Handlungen gibt. Im Logistikbereich dient die Lagersimulation als dynamisches und beobachtbares Modell, welches das reale Arbeitsumfeld ablöst und direkte Beobachtungen und Experimente ermöglicht. Ebenso gibt das Programm für Gartenbauer Feedback zu einem Entwurf über die Jahreszeiten hinweg. Diese Darstellungen haben die Eigenschaft, dem Lernenden zu «antworten» (Fischer, 2001).
- **Erweitern:** Ein weiterer Schritt ist die Bereitstellung von Darstellungen, die Verständnis und Einsicht in das Fachgebiet vermitteln. Dies gilt für die Anwendung StaticAR, die der Ausbildung von Zimmerleuten dient, indem sie physikalische Modelle von Dachkonstruktionen mit theoretisch-erklärenden visuellen Darstellungen der wechselwirkenden Kräfte ergänzt. Solche Darstellungen können im Übrigen auch Rückmeldungen liefern, z. B. über die Wahrscheinlichkeit des Zusammenbruchs einer entworfenen Konstruktion.
- **Ausdehnen:** Einige Darstellungen dehnen den Lernraum für neue Erkundungen um verschiedene Dimensionen aus. Die BloomGraph-Applikation für Floristen dehnt den Raum möglicher Arrangements, die erkundet und ausgewählt werden können, aus. Die Gartenanwendung Mixplorer dehnt den Zeithorizont des Entwurfs aus, indem sie es ermöglicht, das Pflanzenwachstum über längere Zeit und Jahreszeiten hinweg zu erkunden.

Die Verheissung dieser Darstellungen wirft wichtige Fragen auf, die in Dual-T noch nicht vollständig gelöst sind. Ihre Erforschung würde zur Weiterentwicklung der praxisorientierten Lerntheorie beitragen. Zum Beispiel:

- Die Konzeption berufsspezifischer Annotationen als Bildsprachen könnte theoretisch weiter erforscht und mit Ideen aus dem «domain-specific language»- (DSL-) Design kombiniert werden, um den rechnerischen Ansatz zu stärken. Die Einbeziehung von DSL-Design-Prinzipien könnte zu einer Standardisierung der Nutzung fachspezifischer Plugins in der Lernplattform (sei es Realto oder ein Nachfolger) führen.
- Ein wichtiges Konzept des Erfahrungsraum-Modells ist die Reflexion von Erfahrungen zur Förderung des Lernens. Was mit Reflexion gemeint ist, ist aber noch zu selten Gegenstand von Theorien und findet meist in Form von Annotationen und Kommentaren in Lernjournalen statt. Die Formulierung einer kohärenten Reflexions-

theorie im Erfahrungsraum-Modell würde Schlüsselprozessen – etwa: die zu erfassenden Gegenstände auswählen, sie für gemeinsame Überlegungen teilen und das Lernen fördernde Reflexionen gestalten – mehr Stringenz verleihen. Hierzu gehört auch zu entscheiden, was relevant ist und wer am besten in der Lage ist, diese Entscheidung zu treffen.

Gegenwärtig hat Dual-T jedoch zweifellos ein reichhaltiges Inventar digitaler Darstellungen mit überzeugenden Anwendungen für die Erfordernisse der Berufsbildung in unterschiedlichen Kontexten geschaffen. Dies ist eine Inspirationsquelle für die künftige Forschung in den Bereichen Technologie, Berufsbildung und allgemeine Bildung und sollte dies auch sein.

Der digitale Raum: die Dynamik des dualen Lernzyklus

Das Erfahrungsraum-Modell besteht nicht nur aus Darstellungen und Handlungen, sondern ist ein dynamischer Prozess, der sich über das gesamte duale System erstreckt, wie der Pfeil im Diagramm andeutet. Daraus entstand der theoretische Schlüsselbegriff des «Flow»: Die Darstellungen sollen sich dynamisch durch das Modell bewegen und dabei von Auszubildenden und anderen Akteuren transformiert werden. In Realto wurde dies technologisch umgesetzt. Die Realto-Plattform verkörpert das Flow-Konzept, indem sie die Idee des Lernjournals aufgreift und es mit allgemeinen Funktionen zum Erfassen, Kommentieren und Teilen von Darstellungen kombiniert.

Die «Lernströme» in Realto sollen vor allem die Erfahrung der Lernenden vertiefen, indem sie eine kontextübergreifende Darstellung transportieren. Die zugrundeliegende Idee ist, dass der gesamte Erfahrungsraum im dualen Kreislauf voll ausgeschöpft wird: Erfahrungen sammeln, relevante Erfahrungen auswählen und teilen, um sie für einander zugänglich zu machen, sie mit eigenen oder fremden Erfahrungen vergleichen und sie für sich oder andere (darunter Auszubildende, Lehrende und Berufsbildner) kommentieren. Realto schafft somit einen digitalen Darstellungsraum, um Erfahrungen auf unterschiedliche Weise zu steuern und pädagogische Aktivitäten zu gestalten, welche die Lernmöglichkeiten nutzen, die der Prozess bietet.

Wichtige Fragen bleiben:

- Zurzeit tragen nicht alle Darstellungen zu diesem «Flow» des Erfahrungsraum-Modells bei. Unklar ist beispielsweise, wie sich Darstellungen, die den Erfahrungsraum ausdehnen – wie im Beispiel der Blumenarrangements und Gartengestaltung – in den Erfahrungszyklus einfügen und wie sie einen sinnvollen Flow erzeugen und mitgestalten können.
- Im Gartenbauprojekt wurde erstmals erkundet, wie das Lernen als kollektiver Prozess funktioniert, indem man Gartenentwürfe, die von verschiedenen Schülern stammen, kombinierte. Es bleibt abzuwarten, inwieweit Abläufe wie die in Realto das Versprechen kollektiven Lernens erfüllen können und inwieweit dies durch Aktivitäten gesteuert werden muss, die von den Lehrpersonen konzipiert werden. Mögliche Impulse für kollektives Lernen zu erkunden, ist eine wichtige Forschungsaufgabe für die Zukunft.
- In der Praxis ist noch unklar, inwieweit digitale Darstellungen dazu dienen können, solche Impulse sinnvoll zwischen den Institutionen Arbeitsplatz und Schule zu übertragen. Selbst wenn Darstellungen in einem Bereich erfolgreich eingesetzt wurden, bleibt zu zeigen, dass sie auch ein brauchbares Konzept für die Errichtung solider «pädagogischer Brücken» zwischen den einzelnen Lernorten sind. Eine bescheidenere, aber dennoch interessante Erwartung wäre vielleicht, dass Auszubildende Darstellungen für ihr individuelles Lernen und die Interaktion mit anderen nutzen, sodass der «Brückenbau» weiterhin eine persönliche oder kollektive Leistung ist und nicht notwendigerweise ein Austausch auf institutioneller Ebene.

Das Erfahrungsraum-Modell und seine verschiedenen Anwendungen von Technologie waren für Dual-T eine wichtige Forschungsinfrastruktur. Es ist an sich schon ein bedeutender Erfolg, einen Punkt erreicht zu haben, an dem wir die hier aufgeworfenen Fragen und Herausforderungen in Bezug auf Darstellungen und «Flows» wirk-

lich angehen können. Dies gilt sowohl für den Kontext der Berufsbildung als auch für andere Zusammenhänge. Wir hoffen daher, dass diese Agenda sowohl in der Berufsbildungsforschung als auch in den allgemeinen Lernwissenschaften weiterverfolgt wird.

2. Herausforderungen und Versprechen innovationsgetriebener, praxisorientierter Forschung

Die Lehren, die aus dem Dual-T-Projekt zu ziehen sind, sind im Zusammenhang mit dessen dauerhaftem Engagement zu sehen: als langfristige Forschung, die sich radikal mit technologischen und pädagogischen Innovationen in der realen Welt beschäftigt.

Dabei widmet sich Dual-T fortgesetzt der Frage, wie Erfolg nachgewiesen werden kann. Das Projekt innerhalb seiner Methodik zu positionieren hilft dabei, Argumente zu liefern. Das Projekt hat von Anfang an eine Design-Based Research- (DBR-) Methodik angewendet. Ursprünglich Anfang der 1990er Jahre entwickelt, wurde die DBR inzwischen von Forschenden der Lernwissenschaften und der Bildungstechnologie weitgehend übernommen (Wang & Hannafin, 2005). Es handelt sich um eine systematische, aber flexible Methodik zur Verbesserung der pädagogischen Theorie und Praxis durch eine Reihe von pädagogischen Interventionen, die gemeinsam von Forschenden und Personen aus der Praxis in realen Umgebungen konzipiert, entwickelt und umgesetzt werden (Towne & Shavelson, 2002). In diesem Zusammenhang kann die Arbeit von Dual-T als hervorragendes Beispiel für «anwendungsorientierte strategische Forschung» (Stokes, 1997) angesehen werden. Diese Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung und Erprobung von Theorien und versucht gleichzeitig, praxisbezogene pädagogische und technologische Fragen wie die Verbesserung der Lernerfolge von Auszubildenden in der Berufsbildung zu behandeln.

Um das Vermächtnis von Dual-T als Demonstrationsprojekt zu bewerten, ist es wichtig, die Herausforderungen dieser doppelten Innovations- und Praxisorientierung herauszustellen.

- Ein innovationsgetriebenes DBR-Projekt muss das Spannungsfeld zwischen Stringenz und Relevanz überwinden. Ideal ist eine hohe externe Validität im Sinne des direkten Kontakts, unter Berücksichtigung der Bildungs- und Berufspraxis, aber auch mit einer hohen internen Validität im Hinblick auf Kontroll-, Kausalitäts- und Verallgemeinerungsfragen (Cook & Campbell, 1979).
- Die Designorientierung setzt voraus, dass man sich mit der Praxis auseinandersetzt und bestehende Praktiken prototypisch verändert, wobei in der Regel mit kleinräumigen Interventionen begonnen wird. Zwar haben viele der formalen Studien von Dual-T zum Teil vielversprechende Wirkungen gezeigt, doch waren die Proben zwangsläufig klein.
- Bei der Verfolgung innovationsgetriebener Interventionen blieben die Dual-T-Forschenden nicht in ihren Labors, um Prototypen zu entwerfen, die unter kontrollierten Bedingungen bewertet werden. Sie gingen ins Feld: ins Klassenzimmer, an den Arbeitsplatz, zu Ausbildungsstätten der Berufsverbände. Sie arbeiteten mit Lehrenden, Arbeitgeberinnen und Arbeitgebern und Auszubildenden zusammen. In dem Versuch, mit innovativen Projekten die Lücke zwischen Schule und Arbeit zu schliessen, ist Dual-T der politischen und institutionellen Realität der Trennung zwischen den beiden Kontexten begegnet. Dabei musste das Projekt Fragen beantworten wie: Wer sind die Akteure? Was sind ihre Ziele? Wem gegenüber sind sie verantwortlich? Wie könnten sie Interesse am Experimentieren mit Innovationen entwickeln? An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Welt der institutionalisierten Praxis für innovationsgetriebene Forschende schwierig ist. Die Notwendigkeit, Partnerschaften mit Personen aus der Praxis aufzubauen, bedeutet einen enormen Arbeitsaufwand, der in den gängigen Reporting-Formaten meist unsichtbar bleibt. Unter diesen Umständen hängen sowohl die Forschungstätigkeit als auch ihre Wirkung auf die Realität von Faktoren ab, die von den Forschenden nicht vollständig kontrolliert werden können.

Der Dual-T-Ansatz: viele Studien

Angesichts der Komplexität dieser Herausforderungen ist der Fortschritt nicht das Ergebnis einer einzigen, linear eingesetzten Forschungsmethode, sondern ergibt sich aus der Kombination vieler Studien. Dieser Ansatz wirft gleich zwei Probleme auf: dass einerseits ein kohärentes Narrativ über die Projektvielfalt hinweg zu schaffen ist und andererseits Fortschritte an mehreren Fronten bewertet werden müssen – mit Hilfe mehrerer Bewertungskriterien und Methoden der Erfolgsmessung. Die Studien im Rahmen des Dual-T-Projekts widmeten sich folgenden Dimensionen:

Gestaltung eines kohärenten Narrativs:

- Besitz eines theoretischen Modells, um pädagogische Brücken zwischen Schule und Arbeitsplatz zu bauen
- Integration von innovativen Technologien bei der Entwicklung dieses Modells

Gestaltung innovativer technologischer Gegenstände, die dem Lernen auf neue Weise dienen können:

- Neuartige Bildungstechnologien (z. B. die TinkerLamp für Logistiker, die Mixplorer-Software für das gemeinsame Gestalten von Gärten, das Identifizieren neuer Fertigkeiten)
- Iterative Designversuche mit einer Reihe von Prototypen, die im laufenden Einsatz verfeinert wurden (z. B. eine Abfolge von TinkerLamp-Prototypen, die mit Auszubildenden im Bereich Logistik getestet wurden)

Erstellung und Bewertung von Lerndesigns, um die Entwicklung neuer Lerngegenstände zu nutzen:

- Experimente mit pädagogischen Innovationen im Zusammenhang mit neuen Technologien (z. B. Aktivitätsvorlagen für Realto)
- Detaillierte Beurteilung von Lernprozessen und -ergebnissen (z. B. Blickverfolgungsstudien im Zusammenhang mit Annotationen)

Durchführung von Demonstrationsprojekten in realen Kontexten:

- Übernahme neuer Ansätze in spezifischen Demonstrationkontexten (z. B. Orchestrierungstechniken im Unterricht bei der Nutzung der TinkerLamp, Lernjournale für Konditoren oder Simulationen für Büroangestellte)
- Leistungsverbesserungen (z. B. setzen Köche die am Arbeitsplatz aufgenommene Videos in der Schule ein, um ihre Praxis zu verbessern; oder Gartenbauer nutzen die AR zur Gestaltung und möglicherweise zur Kundenbindung)

Einführung von Innovationen in grossem Massstab:

- Ausweitung der Interventionen durch den Einsatz innovativer Technologien und Praktiken (z. B. Einführung von Dual-T-Plattformen mit Auszubildenden in verschiedenen Berufen)
- Partnerschaften, welche die Übernahme von Innovationen in grossem Massstab ermöglichen (z. B. Zusammenarbeit mit Berufsverbänden bei der Digitalisierung von Lernjournalen)

Die Komplexität dieser vielfältigen, miteinander verknüpften Studien spiegelt die Ambition eines innovationsgetriebenen DBR-Projekts wie Dual-T wider. Es lohnt sich daher, jede dieser Dimensionen zu betrachten, um darüber nachzudenken, was erreicht wurde und was daraus gelernt werden kann.

Gestaltung eines kohärenten Narrativs: parallele Entwicklung von Technologie und Pädagogik

Die Bereitstellung eines Gesamtrahmens für Dual-T ist ein wichtiger Schritt, den wir von Anfang an nachdrücklich befürwortet haben. Hier lautet die Bewertungsfrage:

- Kann ein pädagogisches Modell einer Vielzahl von Projekten einen gemeinsamen theoretischen Rahmen geben, der ihren individuellen Beitrag zum übergeordneten Ziel verdeutlicht?

Die Entwicklung des Erfahrungsraums ist repräsentativ für diesen Versuch. Eine Besonderheit des Dual-T-Ansatzes besteht darin, dass sich das Erfahrungsraum-Modell und die Bildungstechnologien durch eine Reihe miteinander verbundener Projekte parallel entwickelten. Dabei handelte es sich nicht nur um eine einzige Versuchsreihe. Die Projekte haben sich vielmehr wechselseitig gestärkt, das Erfahrungsraum-Modell weiterentwickelt, die Gestaltung der Plattformen beeinflusst und sich in einem parallel verlaufenden Entwicklungsprozess mit der übergreifenden Forschungsfrage befasst.

Im ursprünglichen Erfahrungsraum-Modell von 2012 gab es drei Phasen: Sammlung (von Arbeitsgegenständen), Verwertung (von Arbeitsgegenständen als Lernmittel), Validierung (von erweiterten Kenntnissen als berufliche Tätigkeit). Durch die Instanziierung des Modells in Technologieplattformen und die praktische Erprobung in der Praxis während der folgenden zehn Jahre bis 2022 wurde das Modell vielfältiger und komplexer: Weitere Phasen (Ausführung, Vorauswahl, Erfassung, Nachauswahl, Erweiterung, Clustering, Übung/Simulation) und zusätzliche Ebenen und Rollen kamen hinzu.

Auch wurde die Technologie leistungsfähiger und komplexer – von den originalen LearnDoc-Tools für Bäcker und Köche bis hin zu den integrierten Realto-Plattformen 1, 2 und 3. Diese Weiterentwicklung wurde durch das Erfahrungsraum-Modell, durch Laborversuche sowie durch Studien am Arbeitsplatz und im Klassenraum beeinflusst.

- Auf der Mikro-Ebene wurde Realto verbessert, um das erweiterte Erfahrungsraum-Modell zu unterstützen (z. B. mit der Annotation von Bildern).
- Auf der Meso-Ebene muss jede neue Version von Realto Software-Upgrades unterstützen, um dem erweiterten Anwendungsumfang gerecht zu werden und gleichzeitig die Ausrichtung am Erfahrungsraum beizubehalten.
- Auf der Makro-Ebene haben die jüngsten Erfahrungen gezeigt, dass der Erfahrungsraum (bis zu einem gewissen Grad) ohne Realto umgesetzt werden kann, wenn kommerzielle Technologien wie Microsoft Teams eingesetzt werden.

Bei der Durchführung von Dual-T konnte für jedes Projekt gefragt werden, wo es zum Erfahrungsraum-Modell passt und was es dazu beiträgt (eine Frage, die wir immer wieder gestellt haben). Zugegeben, nicht alle Projekte passen exakt in dieses Wechselspiel von Modell und Technologie. So haben wir beispielsweise festgestellt, dass es nicht leicht ist, im Erfahrungsraum in seiner jetzigen Form die Forschungsräume auszuweiten oder das Entdecken von neuen Fertigkeiten zu automatisieren. Aber es liegt in der Natur der innovationsgetriebenen parallelen Entwicklung von Technologie und pädagogischem Modell, dass man einige Projekte jenseits des aktuellen Modells starten muss, die das Potenzial haben, das aktuelle Modell voranzutreiben.

Dennoch war die parallele Entwicklung von Theorie und Praxis eine Art Markenzeichen von Dual-T. Als Modell und Basis für weitere Forschungsprojekte sollte sie ein Kernelement neuer Programme bleiben. So wird es einfacher, der künftigen Berufsbildungsforschung eine theoretische Grundlage zu liefern. Tatsächlich glauben wir, dass das Ziel von Dual-T – innovative Technologie zur besseren Vernetzung von betrieblichem und schulischem Lernen einzusetzen – nicht ohne den Erfahrungsraum und seine weitere Instanziierung erreicht werden kann. Künftige Forschungsarbeiten sollten dies anerkennen und gleichzeitig überprüfen, wie sich neue Versionen des Erfahrungsraum-Modells in die Berufsbildung und -praxis einbetten lassen.

Technologische Innovation

Dual-T hat im Laufe der Jahre eine grosse Anzahl und Vielfalt innovativer Gegenstände hervorgebracht. Die Bewertungsfrage lautet:

- Leisten die neuen Gegenstände etwas Nützliches oder Vielversprechendes, was vorher nicht möglich war?
- Bieten Sie neue Möglichkeiten für weitere Versuche?

Wir sind der Meinung, dass Dual-T in dieser Hinsicht ungewöhnlich erfolgreich war. Auch wenn wir manchmal das Gefühl hatten, das Projekt würde sich «verzetteln», so wissen wir doch, dass sich die Durchführung vieler Studien positiv auf die Kreativität auswirkt. Die Demos waren stets ein inspirierender Teil unserer Treffen, bei denen

wir viele begeisterte Berichte von Berufsschullehrenden hörten. Das ist zugegebenermassen eine subjektive Bewertung, aber technologische Innovation ist nicht nur eine Wissenschaft, sondern auch eine Kunst. Dass eine Gruppe erfahrener Lehrpersonen und erfahrener Pädagogen wie wir die Technologie spannend fanden, ist nicht belanglos – denn auch die Verleihung eines Oskars wird ja nicht belanglos, nur weil sie auf der subjektiven Bewertung führender Personen der Filmbranche beruht. Wie bereits gesagt, dürften allein der Umfang und die Vielfalt der möglichen Innovationen die Community der Bildungstechnologen zu weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten anregen.

Innovationsgetriebene, praktische Massnahmen und detaillierte Auswertungen

Um feststellen zu können, ob eine technische Innovation ihrem Versprechen gerecht wird, müssen Aktivitäten konzipiert werden, die ihre Wirkung in der Praxis erforschen. Hier lautet die Bewertungsfrage:

- Bewirkt der Einsatz eines neuen Gegenstands im Zusammenhang mit gut konzipierten Aktivitäten einen signifikanten Unterschied bei den Lernprozessen und -erfolgen?

In dieser Dimension hat sich Dual-T bemüht, formale Bewertungen der pädagogischen Wirkung von Innovationen durch gut kontrollierte experimentelle und quasi-experimentelle Designs zu entwickeln, wobei die Bearbeitung den Personen zufällig zugeordnet wurde. Aus den veröffentlichten Studien zu Projektergebnissen gibt es erste empirische Belege für den Nutzen und die Wirksamkeit einiger Lernergebnisse (wie Verständnis, Beobachtungsgabe, Entwicklung von metakognitiven Strategien und Erwerb deklarativer Kenntnisse) in Bezug auf die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit. Die Ergebnisse der empirischen Studien sind angesichts der geringen Fallzahlen, die für die Bewertung herangezogen wurde, vorläufig.

Bedeutsam waren jedoch auch die qualitativen Reaktionen und Erfahrungsberichte der Nutzer (vor allem Lehrende und Auszubildende, weniger Arbeitgeber), die in einigen Fällen gesammelt wurden (z. B. von Auszubildenden in den Bereichen Logistik und Gartenbau). Auch hier waren die Antworten vielversprechend, allerdings bei relativ geringen Fallzahlen. Eine systematischere Sammlung und Analyse von Testimonials der Teilnehmenden wäre erforderlich, um umfassendere Ansprüche an die Skalierbarkeit erheben zu können.

Anwendung in Demonstrationsprojekten: die Notwendigkeit der Zusammenarbeit

Für den Einsatz neuer Gegenstände in realen Kontexten müssen neue Praktiken entwickelt werden. In den Schulen sind dies unter anderem neue Praktiken für die Gestaltung von Aktivitäten und Unterricht und für die Orchestrierung des Unterrichts. Am Arbeitsplatz müssen neue Aktivitäten entwickelt werden, um bestimmte Momente in der Praxis festzuhalten und Feedback zu geben. (Dies schliesst auch die Einhaltung bestimmter Vorschriften ein: z. B. äusserten einige Arbeitgeber die Befürchtung, dass Wettbewerbsgeheimnisse durchsickern könnten.) Die Bewertungsfrage lautet:

- Wie relevant und nützlich waren spezifische Demonstrationsprojekte in ihrem jeweiligen Kontext?
- Wie allgemeingültig sind diese Demonstrationsprojekte insgesamt?

An einigen Demonstrationsprojekten haben so viele Auszubildende mitgewirkt, dass signifikante Effekte zuverlässig gezeigt werden können, beispielsweise bei den Büroangestellten. Trotz der zumeist geringen Fallzahlen gibt es erste Hinweise darauf, dass sich die Verwendung von Präsentationen über den dualen Zyklus hinweg auf das Feedback am Arbeitsplatz auswirkt. Präsentationen und Annotationen können auch den Kommunikationsstil dahingehend verändern, dass er stärker interaktiv und an den Lernenden orientiert ist als dozierend und lehrerzentriert. Das so kommunizierte Feedback wird von den Auszubildenden eher akzeptiert und integriert, sodass sie dann von der Beurteilung durch andere zur Selbstbeurteilung übergehen können.

Im Laufe der Jahre haben Demonstrationsprojekte in ausreichend vielen Kontexten stattgefunden, um ihre Durchführbarkeit zu belegen. Ein überzeugender Nachweis für die Allgemeingültigkeit dieses Ansatzes ist seine Einführung in einer Vielzahl von Berufen, von Bäckern und Köchen über Zimmerleute und Maler, Gartenbauer und Floristen bis hin zu Bekleidungsdesignern und Büroangestellten. Trotz unterschiedlich intensiver Nutzung in der Praxis wurde der Ansatz von vielen Akteuren als relevant wahrgenommen. Die Suche nach Personen aus der Praxis, die bereit sind, sich an der Entwicklung neuer Praktiken zu beteiligen, ist für Demonstrationsprojekte immer eine Herausforderung. Die Lehrenden, die im Projekt Dual-T mitarbeiteten, äusserten sich in der Regel aber sehr positiv.

Grossmassstäbliche Einführung in der institutionalisierten Praxis

Das Dual-T-Team hat sich intensiv dafür eingesetzt, dass das Projekt in der dualen Berufsausbildung in der Schweiz eingeführt wird. Hier lautet die Bewertungsfrage:

- In welchem Umfang werden in der Praxis forschungsbasierte Innovationen systemübergreifend oder für bestimmte Berufe eingesetzt?

Das war eine viel schwierigere Aufgabe. Dual-T hat einen mässigen Einfluss auf die Berufsbildung in der Schweiz. Realto wird von nur etwa 1500 Personen in verschiedenen Berufen genutzt, aber ein Ausbildungszentrum für Gesundheitsberufe hat sein Interesse bekundet, das Erfahrungsraum-Modell unterstützend in der Ausbildung einzusetzen. Die Plattformen LearnDoc und e-DAP wurden während des gesamten Projekts nachhaltig genutzt, und X Schulen sind nun mit der TinkerLamp ausgestattet. Allerdings fehlt eine klare Strategie für die Übernahme der Technologie oder des pädagogischen Ansatzes über das Projekt hinaus.

Dass die Übernahme nur zögerlich erfolgt, liegt nicht an mangelnden Versuchen. Das Dual-T Team hat mit Vertretern vieler Schulen und Berufsverbände gesprochen. Es hat sogar eine Vollzeitstelle geschaffen, um die Akteure bei der Einführung von Realto zu unterstützen. Die begrenzte Wirkung des Projekts war sowohl für die Forschenden als auch für uns als Beratende eine Enttäuschung. Bis zu einem gewissen Grad liegt dies an den Einschränkungen der DBR, die eine Methodik für Designmassnahmen ist, nicht für die Änderung von Systemen. Nur wenige Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Bildungstechnologie haben eine dauerhafte Dimension und Nachhaltigkeit erreicht, und die meisten dieser Projekte bedurften jahrzehntelanger kontinuierlicher Forschung und der Unterstützung wohlhabender Institutionen und Unternehmen.

Eine Erkenntnis aus diesem Lernprozesses war die umfassende Anerkennung des Umstands, dass eine Einführung in grossem Massstab ausserhalb der Reichweite dessen liegt, was Forschende selbst tun oder auch nur beeinflussen können. Da so viel ausserhalb des Einflussbereichs der Forschenden liegt, müssen Fachleute und Bundesbehörden möglicherweise früher verbindlich in das Projekt und seine Ziele eingebunden werden. Solche Verpflichtungen, die über die Forschungsförderung hinausgehen, können die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass Innovationen in die tägliche Praxis integriert werden. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass die Produktion und die Erprobung radikaler Innovationen durch konservative Tendenzen in bestehenden Strukturen behindert werden.

Systemische Effekte: eine Kultur der Innovation

Bei der Bewertung des Vermächtnisses von Dual-T ist ein umfassenderer Effekt zu berücksichtigen. Wenn Forschende, wie im Fall von Dual-T, über lange Zeit innovationsgetriebene, praxisorientierte Studien durchführen, interagieren sie mit verschiedenen Teilen des Systems, bauen neue Netzwerke auf, initiieren neue Diskussionen und konfrontieren Menschen mit neuen Denkansätzen. Bei unseren Treffen wurde uns stetig, formell und informell, über die Verbindungen und Diskussionen mit wichtigen Akteuren der Berufsbildung – wie Lehrende, Schulleiter, Ausbilder von Lehrenden und Fachleute – berichtet. Einige der Projektleitenden von Dual-T wurden

eingeladen, Vorträge vor Berufsverbänden zu halten. Im Laufe der Zeit beeinflusst ein solcher Prozess die Menschen, auch wenn einige von ihnen Gründe haben, sich einer bestimmten Innovation zu widersetzen. Mit anderen Worten: Diese Interaktionen erweitern den Horizont des Möglichen – und dies ist ein erster Schritt in Richtung Kreativität und Kulturwandel. Hier lautet die Bewertungsfrage:

- Wie wirkt sich in einem traditionellen System wie der dualen Berufsbildung ein anhaltender und unnachgiebiger Erfindungsreichtum aus?
- Wie wirkt sich dies auf die langfristige Entwicklungs-, Anpassungs- und Lernfähigkeit eines so komplexen Systems aus?

Wenn wir die Entwicklung von Dual-T und das Vermächtnis des Projekts betrachten, sollten wir Überlegungen in diese Richtung einbeziehen. Ein derart diffuser Effekt lässt sich zugegebenermassen nur sehr schwer mit Sicherheit abschätzen, sodass wir keine bestimmte Antwort geben können. Die übereinstimmenden Berichte der Dual-T-Projektleitenden legen allerdings nahe, dass dieses Ergebnis zu erwarten ist. Dual-T hat gezeigt, dass diese anhaltenden kreativen Impulse auch von Forschenden gegeben werden können, die sowohl kreativ als auch zielstrebig sind und ausserhalb des Systems stehen -- vorausgesetzt, sie haben die Geduld und die Unterstützung, sich über einen langen Zeitraum mit dem System auseinanderzusetzen. Dieser kulturelle Effekt kann letztendlich für die Zukunft der Schweizer Berufsbildung wichtiger sein als der gegenwärtige Grad der Übernahme spezifischer Ideen oder Technologien.

Was nun?

Systemische Transformationen erfordern immer einen langen Atem, und wir freuen uns, dass der Bund dieses Projekt über viele Jahre unterstützt hat. Solch ein nachhaltiges Engagement ist für sozialwissenschaftliche Forschungsprojekte äusserst selten. Aber wenn wir Recht haben mit der Pionierleistung von Dual-T in Bezug auf den pädagogischen, kulturellen und institutionellen Wandel, werden wir Möglichkeiten finden müssen, um weiter voranzukommen. Wir schliessen mit ein paar Gedanken über die Zukunft.

Die Realto-Plattform

Eine praxisnahe, theoriebasierte Technologie wie die Realto-Plattform hat sich in verschiedenen Berufen und in der Forschung bewährt. Ihr dauerhafter Bestand ist allerdings nicht selbstverständlich, das sie von den Schweizer Bundesbehörden und/oder Unternehmen gefördert und unterstützt werden muss. Wir begrüssen die Bemühungen, einen Partner zu finden, der sie übernimmt, aber Schulen und Berufsverbände zögern verständlicherweise, sie ohne klare langfristige Perspektiven in der Berufsbildung einzusetzen. Wir haben uns schon lange Gedanken über die Schwierigkeit gemacht, einen forschungsbasierten Prototyp zu unterhalten und ihn in grossem Massstab in der institutionalisierten Praxis einzuführen. Vielleicht hätten wir noch nachdrücklicher auf diese Problematik hinweisen sollen, sodass Dual-T vielleicht schon früher nach alternativen Wegen gesucht hätte. Dessen ungeachtet entwickelt Dual-T nun eine Reihe von Szenarien, die Pädagogen dazu anregen können, den Ansatz des Erfahrungsraum-/Realto-Modells zu übernehmen und dabei weithin verfügbare und unterstützte Technologieplattformen zu nutzen. Wir denken, dass dies eine ausgezeichnete Entwicklung für ein längerfristiges Vermächtnis ist.

Das Erfahrungsraum-Modell

Als konzeptionelles Modell für die Beziehungen zwischen Arbeitsplatz und Schule hat sich der Erfahrungsraum als unverzichtbares Instrument zur Leitung eines vielfältigen, auf die Berufsbildungspraxis gerichteten Forschungsprogramms erwiesen. Als Forschungsheuristik und pädagogischer Rahmen modelliert dieses Instrument zentrale Aspekte des Schweizer Berufsbildungssystems mit einem klaren Platz für digitale Technologien. Es hat das Potenzial, eine Art Grundlage für aktuelle und zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu sein, die sich auf die Verbesserung

der dualen Ausbildung beziehen, wo, wie in der Schweiz, Lernen und Unterrichten sowohl in der Schule als auch am Arbeitsplatz stattfinden sollen. Als solches ist das Erfahrungsraum-Modell ein grosser Schritt nach vorn.

Der Wert des Modells ist real, auch wenn man bedenkt, dass das derzeitige Werk von Dual-T noch nicht alle Annahmen und Dimensionen des Modells «instantiiert» oder «validiert» hat. Es bleiben einige Fragen bezüglich des theoretischen Charakters des Modells. Handelt es sich nach den Definitionen von Becker (2015) um eine Lerntheorie (wie Menschen lernen), eine Unterrichtstheorie (wie Menschen unterrichten sollten) oder um ein Unterrichtsdesignmodell (ein Rezept für die Entwicklung von Unterrichtsmassnahmen)? Es ist keines davon, aber es enthält von allem etwas. Es sollte darüber nachgedacht werden, ob es eine präskriptivere Version des Modells braucht, damit es für die Gestaltung von Berufsbildungsprogrammen von Nutzen ist. All das ist Stoff für weitere Studien.

Ausbildung von Lehrenden in der Berufsbildung

Eine der vielversprechendsten Möglichkeiten, das Vermächtnis von Dual-T zu nutzen und weiterzuentwickeln, besteht im Kontext der Berufsbildung und der Berufsforschung. Die Ausbildung der nächsten Generationen von Berufsschullehrenden sollte die Untersuchung des Erfahrungsraum-Modells und Beispiele für den innovativen Einsatz von Technologien, wie sie von Dual-T vorgeschlagen werden, umfassen. Dies würde künftigen Lehrenden einen umfassenderen Überblick über ihre Tätigkeit geben und ihre Vorstellungskraft für neue Möglichkeiten öffnen. Personen in der Praxis und im Management mit Innovation und Experimenten zu konfrontieren, würde die Möglichkeit eröffnen, die Schweizer Berufsbildungskultur weiterhin innovativ zu gestalten.

Buch als Verbreitungsstrategie

Das Projekt mit der Veröffentlichung eines Buches abzuschliessen, ist ein geeigneter Weg, um seine Ergebnisse über die Veröffentlichung in Zeitschriften hinaus zu verbreiten. Tatsächlich sind die Beiträge und das Vermächtnis von Dual-T am besten als Ganzes zu verstehen und nicht als Einzelaspekte. Ein Buch kann aufzeigen, welches Ausmass an Kreativität möglich ist, und gleichzeitig einen theoretischen Rahmen dafür bieten. Es kann als Inspirationsquelle dienen, nicht nur für die Gestalterinnen und Gestalter von Berufsbildungsprogrammen, sondern auch für Forschende, Lehrende, politische Entscheidungsträgerinnen und -träger sowie andere Akteure, die das Lernen in der Berufsbildung verbessern wollen.

Schlusswort

Es war uns eine Ehre und Freude, an Dual-T beteiligt zu sein. Wir konnten die Arbeit von Forschenden bezeugen – und manchmal auch dazu beitragen –, die ihr Engagement, ihre Talente, Fähigkeiten und privilegierten Positionen einsetzen, um in der Praxis wirklich etwas zu bewirken. Das war ein Kerngedanke des gesamten Projekts und ein Grund, warum wir so lange und gerne im Beirat mitgewirkt haben. Wir sind dankbar für die Gelegenheit, die uns geboten wurde.

Literatur

- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of educational research*, 81(2), 132-169.
- Alavi, H. S., Dillenbourg, P., & Kaplan, F. (2009). Distributed awareness for class orchestration. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (211-225). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Apra, C., Sappa, V., & Tenberg, R. (2020). Connectivity and integrative competence development in vocational and professional education and training (VET/PET): an introduction to the special issue. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik: ZBW. Beiheft*, 2020(29), 13-16.
- Baker, R. S. J. D. (2010). Data mining for education. *International encyclopedia of education*, 7(3), 112-118.
- Bakker, A., & Akkerman, S. (2019). The learning potential of boundary crossing in the vocational curriculum. In D. Guile, & L. Unwin (Eds.), *The Wiley handbook of vocational education and training*, 349-372.
- Balacheff, N. (1994). La transposition informatique. Note sur un nouveau problème pour la didactique. *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, 2, 132-138.
- Basile, O. (2020). Gonna a teli e le sue varianti: ricerca e sviluppo. *Lavoro di certificazione CAS Formatore/Formatrice digitale*. Lugano: SFUVET.
- Boldrini, E., & Cattaneo, A. (2014). Scaffolding collaborative reflective writing in a VET curriculum. *Vocations and learning*, 7(2), 145-165.
- Bonnard, Q., Verma, H., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2012a). Paper interfaces for learning geometry. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 37-50). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bonnard, Q., Jermann, P., Legge, A., Kaplan, F., & Dillenbourg, P. (2012b). Tangible paper interfaces: interpreting pupils' manipulations. In *Proceedings of the 2012 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces* (pp. 133-142).
- Boroujeni, M. S. (2018). *Discovering Interaction Patterns in Online Learning Environments* (No. 8238). *Unpublished PhD Thesis EPFL*.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). Washington, DC: National academy press.
- Breslin, F. C., Polzer, J., MacEachen, E., Morrongiello, B., & Shannon, H. (2007). Workplace injury or "part of the job"?: Towards a gendered understanding of injuries and complaints among young workers. *Social Science & Medicine*, 64(4), 782-793.
- Bronckart, J. P., & Plazaola Giger, M. I. (1998). La transposition didactique. Histoire et perspectives d'une problématique fondatrice. *Pratiques*, (97-98), 35-58.
- Caruso, V., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2017). Creating technology-enhanced scenarios to promote observation skills of fashion-design students. *Form@re-Open Journal per la formazione in rete*, 17(1), 4-17.
- Caruso, V., Cattaneo, A., & Gurtner, J-L. (2020). Exploring the potential of learning documentation as a boundary object in the Swiss vocational education and training system. In: C. Apra, V. Sappa, & R. Tenberg (Eds.), *Connectivity and integrative competence development in vocational and professional education and training (VET/PET)* (pp. 213-231). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2016). Individual and collaborative writing-to-learn activities in vocational education: An overview of different instructional strategies. In G., Ortoleva, M., Bétrancourt, M., S., Billett, S. (Eds), *Writing for professional development*, 188-208.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2017). Learning from errors in dual vocational education: Video-enhanced instructional strategies. *Journal of Workplace Learning*, 29(5), 357-373.
- Cattaneo, A., & Boldrini, E. (2022). Erfahrungsraum und Situationsdidaktik. Analogien, Unterschiede und Herausforderungen. In G. Ghisla, E. Boldrini, C. Gremion, F. Merlini, & E. Wüthrich (Eds.), *Didaktik und Situationen. Ansätze und Erfahrungen für die Berufsbildung* (pp. 119-130). Bern: hep.
- Cattaneo, A., Felder, J. & Gurtner, J-L. (2021). Digital tools as boundary objects to support connectivity in dual vocational education. In E. Kyndt, S. Beusaert and I. Zitter (Eds.), *Developing connectivity between education and Work. Principles and Practices* (pp. 137-157). New York: Routledge.
- Cattaneo, A., & Motta, E. (2021). "I Reflect, Therefore I Am... a Good Professional". On the Relationship between Reflection-on-Action, Reflection-in-Action and Professional Performance in Vocational Education. *Vocations and Learning*, 14(2), 185-204.
- Cattaneo, A., Motta, E., & Gurtner, J. L. (2015). Evaluating a mobile and online system for apprentices' learning documentation in vocational education: Usability, effectiveness and satisfaction. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, 7(3), 40-58.

- Cattaneo, A., van der Meij, H., Aprea, C., Sauli, F., & Zahn, C. (2018). Designing instructional activities integrating hypervideo: An operative model. *Interactive learning environments*, 27(4), 508-529.
- Cattaneo, A., Boldrini, E., & Lubinu, F. (2020). "Take a look at this!". Video annotation as a means to foster evidence-based and reflective external and self-given feedback: A preliminary study in operation room technician training. *Nurse Education in Practice*, 44, 102770.
- Cattani, P. (2020). *Lavoro di certificazione CAS Formatore/Formatrice digitale*. Lugano: SFUVET.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., & Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331.
- Clow, D. (2013). An overview of learning analytics. *Teaching in Higher Education*, 18(6), 683-695.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Coppi, A. E., & Cattaneo, A. (2021). Fostering Apprentice Beauticians' Visual Expertise Through Annotations: A Design Experiment Using the Platform Realto. *RedFame*, 9(7), 27-40.
- Coppi, A. E., Oertel, C., & Cattaneo, A. (2021). Effects of Experts' Annotations on Fashion Designers Apprentices' Gaze Patterns and Verbalisations. *Vocations and Learning*, 14(3), 511-531.
- Coppi, A. E. (2021). The Potential of Using Annotations to Foster Visual Expertise. *Unpublished PhD Thesis*. University of Fribourg.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
- Dillenbourg, P., & Jermann, P. (2010). Technology for classroom orchestration. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *New Science of Learning*, (pp. 525-552). Springer, New York, NY.
- Dillenbourg, P., Zufferey, G., Alavi, H., Jermann, P., DoLenh, S., Bonnard, Q., Cuendet, S. and Kaplan, F. (2011) Classroom orchestration: The third circle of usability. *Proceedings of the 9th Computer-Supported Collaborative Learning Conference*, Hong Kong. July 4-8, 2011.
- Do-Lenh, S., Jermann, P., Cuendet, S., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010). Task performance vs. learning outcomes: a study of a tangible user interface in the classroom. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 78-92). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Do-Lenh, S., Jermann, P., Legge, A., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2012). TinkerLamp 2.0: designing and evaluating orchestration technologies for the classroom. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 65-78). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Evi-Colombo, A., Cattaneo, A., & Bétrancourt, M. (2020). Technical and pedagogical affordances of video annotation: A literature review. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 29(3), 193-226.
- Faucon, L., Olsen, J. K., Haklev, S., & Dillenbourg, P. (2020). Real-Time Prediction of Students' Activity Progress and Completion Rates. *Journal of Learning Analytics*, 7(2), 18-44.
- Fischer, G. (2001). Articulating the task at hand and making information relevant to it. *Human-Computer Interaction*, 16(2-4), 243-256.
- Furlan, N. (2017). Feedback im Kontext von Lehrbetrieben. *Unpublished PhD Thesis*, University of Fribourg. <http://doc.rero.ch/record/305058>.
- Gianetti, C. (2021). Cuochi AFC, apprendere con le nuove tecnologie e nuovo ruolo del docente. Lugano: SFUVET.
- Georgiou, Y. & Kyza, E. (2018) Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings, *Computers in Human Behavior*, 89, pp. 173-181.
- Goodwin, C. (2015). Professional vision. In S. Reh, K. Berdelmann, & J. Dinkelaker (Eds.), *Aufmerksamkeit* (pp. 387-425). Springer VS, Wiesbaden.
- Griffiths, T., & Guile, D. (2003). A connective model of learning: The implications for work process knowledge. *European educational research journal*, 2(1), 56-73.
- Guile, D., & Griffiths, T. (2001). Learning through work experience. *Journal of education and work*, 14(1), 113-131.
- Guile, D; (2020) Rethinking connectivity as recontextualisation: issues for research and practice. In C. Aprea, V. Sappa & R. Tenberg (Eds.), *Konnektivität und lernortintegrierte Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung* (pp. 35-54). Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH: Stuttgart, Germany.
- Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. (2015). New TEL environments for vocational education–teacher's instructional perspective. *Vocations and learning*, 8(2), 135-157.
- Illeris, K. (2011). *The Fundamentals of Workplace Learning. Understanding How People Learn in Working Life*. New York: Routledge.

- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 379-424.
- Kim, K. G., Oertel, C., & Dillenbourg, P. (2021). How florist apprentices explore bouquet designs: Supporting design space exploration for vocational students. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 8(1), 65-86.
- Kim, K. G., Oertel, C., Dobricki, M., Olsen, J. K., Coppi, A. E., Cattaneo, A., & Dillenbourg, P. (2020). Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2199-2213.
- Kim, K. G., Davis, R. L., Coppi, A., Cattaneo, A., & Dillenbourg, P. (2022). Mixplorer: Scaffolding Design Space Exploration through Genetic Recombination of Multiple Peoples' Designs to Support Novices' Creativity. In *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'22)*.
- Kyndt, E., Beusaert, S., & Zitter, I. (2021). *Developing Connectivity Between Education and Work: Principles and Practices*. London: Routledge.
- Lave, J., & Wenger, E. (2001). Legitimate peripheral participation in communities of practice. In J. Clarke, A. Hanson, R. Harrison, & F. Reeve (Eds.), *Supporting lifelong learning* (pp. 121-136). London: Routledge.
- Lucchi, A., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010, January). An empirical evaluation of touch and tangible interfaces for tabletop displays. In *Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction*, (pp. 177-184).
- Lucignano, L., Cuendet, S., Schwendimann, B., Shirvani Boroujeni, M., Dehler, J. et al. (2014) My Hands or my Mouse: Comparing a Tangible and Graphical User Interface using Eye-Tracking Data. Fablearn, 2014, Stanford, CA USA, October 25-26, 2014.
- Martín-Gutiérrez, J., Navarro, R. E., & González, M. A. (2011, October). Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students. *Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE.
- Mauroux, L., Dehler Zufferey, J., Jimenez, F., Wehren, R., & Gurtner, J. L. (2013). Autorégulation des apprentissages et dossiers de formation en formation professionnelle. *L'apprentissage autorégulé: Perspectives théoriques et recherches empiriques*, 195-227.
- Mauroux, L., Könings, K. D., Zufferey, J. D., & Gurtner, J. L. (2014). Mobile and online learning journal: Effects on apprentices' reflection in vocational education and training. *Vocations and Learning*, 7(2), 215-239.
- Mauroux, L., Zufferey, J. D., Rodondi, E., Cattaneo, A., Motta, E., & Gurtner, J. L. (2016). Writing reflective learning journals: Promoting the use of learning strategies and supporting the development of professional skills. In G., Ortoleva, M., Bétrancourt, M., S., Billett, S. (Eds), *Writing for professional development* (pp. 107-128). Brill.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Meier, A., Spada, H., & Rummel, N. (2007). A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(1), 63-86.
- Motta, E., Boldrini, E., & Cattaneo, A. (2013). Technologies to "bridge the gap" among learning contexts in vocational training. In P. M. Pumilia-Gnarini, E. Favaron, E. Pacetti, J. Bishop, & L. Guerra (Eds.), *Handbook of research on didactic strategies and technologies for education: Incorporating advancements* (pp. 247-265). IGI Global.
- Motta, E., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2014). Mobile devices to bridge the gap in VET: Ease of use and usefulness as indicators for their acceptance. *Journal of Education and Training Studies*, 2(1), 165-179.
- Motta, E., Cattaneo, A., & Gurtner, J. L. (2017). Co-regulations of learning in small groups of chef apprentices: when do they appear and what influences them?. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 9(1), 1-20.
- Müller, B., & Schweri, J. (2015). How specific is apprenticeship training? Evidence from inter-firm and occupational mobility after graduation. *Oxford Economic Papers*, 67(4), 1057-1077.
- Nova, N., Girardin, F., & Dillenbourg, P. (2005, November). 'Location is not enough!': An empirical study of location-awareness in mobile collaboration. In *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)* (pp. 21-28). IEEE.

- Peter, K. (2014). Der Einfluss von Online-Plattformen auf Lernortkooperation: Fallanalyse in zwei Kantonen anhand ausgewählter Berufe (Doctoral dissertation, University of Zurich). www.zora.uzh.ch/id/eprint/164362/1/20142140.pdf
- Resnick, L. B., & Science National Research Council (US). Committee on Research in Mathematics. (1987). Education and learning to think.
- Salzmann, C., Gillet, D., & Huguenin, P. (2000). Introduction to real-time control using LabVIEWTM with an application to distance learning. *International Journal of Engineering Education*, 16(5), 372-384.
- Sappa, V., & Aprea, C. (2014). Conceptions of connectivity: How Swiss teachers, trainers and apprentices perceive vocational learning and teaching across different learning sites. *Vocations and Learning*, 7(3), 263-287.
- Sauli, F., Cattaneo, A., & van der Meij, H. (2018). Hypervideo for educational purposes: a literature review on a multifaceted technological tool. *Technology, pedagogy and education*, 27(1), 115-134.
- Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., & Dillenbourg, P. (2010). Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3), 222-232.
- Schneider, B., Sharma, K., Cuendet, S., Zufferey, G., Dillenbourg, P., & Pea, R. (2018). Leveraging mobile eye-trackers to capture joint visual attention in co-located collaborative learning groups. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(3), 241-261.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. Jossey-Bass.
- Schwartz, D. L., & Bransford, J. D. (1998). A time for telling. *Cognition and Instruction*, 16(4), 475-5223.
- Schweizerische Koordinationsstelle für Bildungsforschung (Ed.). (n.d.). *L'éducation en Suisse: Rapport 2018*. CSRE.
- Schwendimann, B. A., Cattaneo, A. A., Dehler Zufferey, J., Gurtner, J. L., Bétrancourt, M., & Dillenbourg, P. (2015). The 'Erfahrerraum': A pedagogical model for designing educational technologies in dual vocational systems. *Journal of Vocational Education & Training*, 67(3), 367-396.
- Schwendimann, B. A., De Wever, B., Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. A. (2018). The state-of-the-art of collaborative technologies for initial vocational education: A systematic literature review. *International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET)*, 5(1), 19-41.
- Seidel, T., & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American educational research journal*, 51(4), 739-771.
- Sherin, M. G., & Russ, R. S. (2011). Accessing mathematics teachers' in-the-moment noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs, & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing* (pp. 109-124). Routledge.
- Stokes, D.E. (1997). *Pasteur's Quadrant – Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Strupler Leiser, M., & Wolter, S. (2013). Kann man mit dem öffentlichen Beschaffungswesen Lehrstellen fördern? (No. 0085). University of Zurich, Department of Business Administration (IBW).
- Stürmer, K., Könings, K. D., & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *British Journal of Educational Psychology*, 83(3), 467-483.
- Taylor, A., & Freeman, S. (2011). 'Made in the trade': youth attitudes toward apprenticeship certification. *Journal of Vocational Education & Training*, 63(3), 345-362.
- Towne, L., & Shavelson, R. J. (2002). *Scientific research in education*. National Academy Press Publications Sales Office.
- Tynjälä, P., Heikkinen, H., & Kallio, E. (2021). Integrating work and learning in higher education and VET: Theoretical point of view. *The SAGE Handbook of Learning and Work*, 62.
- van Es, E. A., Cashen, M., Barnhart, T., & Auger, A. (2017). Learning to notice mathematics instruction: Using video to develop preservice teachers' vision of ambitious pedagogy. *Cognition and Instruction*, 35(3), 165-187.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Wuttke, E., & Seifried, J. (2012). *Evaluation in der Lehrer/-innen-Bildung-Diskussionslinien und exemplarische Umsetzung*.
- Yazdaniyan, R. (2021). Predicting labour market needs using machine learning. (No. Thesis: 8998). EPFL.
- Yazdaniyan, R., Davis, R. L., Guo, X., Lim, F., Dillenbourg, P., & Kan, M. Y. (2022). On the radar: Predicting near-future surges in skills' hiring demand to provide early warning to educators. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3.

Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). Extending tangible interfaces for education: digital Montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 859-868).

Zufferey, G. (2010). The complementarity of tangible and paper interfaces in tabletop environments for collaborative learning (doctoral dissertation), <https://infoscience.epfl.ch/record/149389?ln=fr>.

Zürich, B. K. (2018). Entwicklung der Berufsbildung im Kanton Zürich 2008–2017. (www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/bildung/bildungssystem/studien/entwicklung_der_berufsbildung_2008bis2017.pdf)