IT-Unterricht im virtuellen IT-Labor mit Varianten des "vlizedlab"

Robert Matzinger

Fachhochschule Burgenland, Eisenstadt, Österreich

KURZFASSUNG: Wegen der Vielfalt an Software und der Komplexität der zu lehrenden Konfigurationen stellen die Installation und der Betrieb von Laboren für den IT-Unterricht seit jeher eine große Herausforderung dar – vor allem wenn Installation und Betrieb von Computern und Computernetzen selbst Unterrichtsgegenstand ist. Schon bisher stand dafür an der Fachhochschule Burgenland mit dem "vlizedlab" ein selbst entwickeltes Framework zur Verfügung, das auch sehr spezielle Installationen von Software auf eine standardisierte Art in virtuellen Unterrichts-Computern ermöglichte. Aus didaktischer Sicht sind Übungen im IT-Labor ein essentieller Teil des Unterrichts in IT-affinen Studiengängen, ist doch die Möglichkeit der unittelbaren Hilfestellung und der Zusammenarbeit im Labor unverzichtbar. In Corona-Zeiten, in denen sämtlicher Unterricht in Fernlehre stattfinden muss, ist jedoch gerade diese wichtige Form des Unterrichts "am Bildschirm" sehr schwierig in die Fernlehre zu übersetzen. An der Fachhochschule Burgenland wurden drei Lösungen erdacht, implementiert und in der Lehre zum Einsatz gebracht, die einen Laborunterricht, der dem Präsenzunterricht sehr nahe kommt, in Fernlehre ermöglichen. Diese Lösungen funktionieren auf allen gängigen Betriebssystemen und Gerätekonfigurationen von Studierenden und Lehrenden mit minimalem oder gar keinem Installationsaufwand. Sie sind ausschließlich aus Open Source-Komponenten aufgebaut, nutzen die vorhandene Hardware optimal – oder werden überhaupt als Cloud-Services betrieben. Die Zufriedenheit von Lehrenden und Studierenden zeigt sich in Erfahrungsberichten und in hervorragenden Evaluierungen der entsprechenden Lehrveranstaltungen.

EINLEITUNG

Schon bisher stellte der IT-Unterricht in IT-affinen Studiengängen – im Besonderen die Administration und Installation von Software, das Einrichten von Arbeitsplätzen für Studierende und der Betrieb der IT-Labore – eine große Herausforderung dar. Wegen der Vielfalt und Komplexität der Software, für die ausgebildet wird, ist es nicht möglich auf die bloße Installation einzelner Programme auf den Rechnern der Studierenden zurückgreifen – und selbst wenn man es versucht, erweist sich dies wegen der Uneinheitlichkeit der von den Studierenden mitgebrachten und verwendeten Geräte als sehr schwierig und fehleranfällig. Andererseits ist das Arbeiten an stationären zentral administrierten Labor-Arbeitsplätzen angesichts der Notwendigkeit von Hausübungen, Fernlehre und Selbststudium und nicht zuletzt wegen der fehlenden Finanzierung der großen Zahl an dafür benötigten Plätzen nicht praktikabel.

Mit dem Beginn der Corona-Krise ca. März 2020 und dem damit verbundenen plötzlichen Umstellen des gesamten Unterrichts auf Fernlehre, verschärfte sich diese Problematik weiter. Denn nun musste auch jener Unterricht, der normalerweise in den IT-Laboren stattgefunden hätte, in die Fernlehre verlegt werden. Im Besonderen entfielen dadurch das gemeinsame Arbeiten mit den Lehrenden, das gemeinsame Arbeiten mehrerer Studierender an einem Bildschirm sowie das "Über die Schulter schauen" und die dabei erfolgten Hilfestellungen und Anregungen.

An der Fachhochschule Burgenland wollten wir uns mit diesem Verlust an Unterrichtsqualität in der Fernlehre nicht abfinden – deshalb wurden vom Autor dieser Arbeit Systeme erdacht, programmiert und eingerichtet, die diese direkte Unterstützung der Lernenden durch die Lehrenden auch in der Fernlehre möglich machen. Und das mit wenig bis gar keinem Installationsaufwand für die Studierenden und die Lehrenden und mit Open Source-Lösungen, die keine Lizenzkosten und nur minimale Hardware-Kosten für den Fernunterricht verursachen.

1. GUT UND BEWÄHRT – DAS "VLIZEDLAB"

Der Betrieb von IT-Laboren für den Unterricht in IT-affinen Studiengängen unterscheidet sich grundsätzlich von der einfachen Ausbildung an Computern für bestimmte Software-Produkte, wie er vielfach in Schulen und in Ausbildungsstätten erfolgt.

Denn in IT-Studiengängen wird nicht nur die Verwendung einzelner Software-Produkte gelehrt, sondern die Installation und Administration von Software, Computern und Netzwerken ist selbst Unterrichtsgegenstand. Dadurch wird der Computer vom Unterrichtsmittel zum Unterrichtsgegenstand. Das macht eine dementsprechende flexible Architektur und Ausstattung der IT-Labore notwendig.

Für diesen Zweck hat der Autor dieser Arbeit seit 2008 das "vlizedlab" (Matzinger 2014) [vlizedlab] entwickelt, ein auf Open Source-Komponenten beruhendes Framework, mit dem der IT-Unterricht (ausschließlich) in virtuellen Computern – sogenannten Unterrichts-Computern – durchgeführt wird. Diese werden entweder auf den Rechnern der Studierenden oder auf den stationären PCs im IT-Labor betrieben. Über die Infrastruktur des "Vlizedlab" wird das Ausrollen und die Verteilung der virtuellen Unterrichts-Computer einheitlich organisiert.

Die wesentliche organisatorische Umstellung und der zentrale Gedanke des "Vlizedlab" ist dabei, dass die Verantwortung für die korrekte Installation der im Unterricht benötigten Software in die Verantwortung und Kompetenz der einzelnen Lehrenden fällt, die für den jeweiligen Unterrichtsgegenstand zuständig sind. Dies wird möglich, weil nun für jeden Unterrichtsgegenstand – oder sogar für einzelne Lehreinheiten – unterschiedliche voneinander unabhängige Unterrichts-Computer konfiguriert und ausgerollt werden können. Und das ist vorteilhaft, weil die Lehrenden, die einen Gegenstand unterrichten, meist das beste Wissen über die Installation und Konfiguration der in ihrem Unterricht benötigten Software haben. Umgangssprachlich gesagt, machen die Lehrenden "virtuelle Maschinen an Stelle von Skripten". Dabei sind auch Mikro-Anpassungen im Unterrichts-Computer leicht möglich, etwa relevante Bookmarks im Browser, vorkonfigurierte Beispiel-Daten, vorkonfigurierte Zugangsdaten, etc. Die Erfahrung zeigt, dass gerade diese Mikro-Adaptionen eine enorm positive Auswirkung auf die Flüssigkeit des Unterrichts haben. Auf der anderen Seite muss aber nun von der Laborleitung nur mehr die Funktion des "vlizedlab"-Frameworks sichergestellt werden, der Inhalt der einzelnen Unterrichts-Computer fällt nicht (mehr) in die Zuständigkeit der Laborleitung.

In IT-affinen Studiengängen an der Fachhochschule Burgenland werden die Studierenden am Anfang des Studiums einmalig in die Installation der für den Betrieb des "Vlizedlab" notwendigen Software eingewiesen – im wesentlichen handelt es sich dabei um die Virtualisierungslösung "Virtualbox" [virtualbox], die für alle gängigen Betriebssysteme verlässlich, frei und kostenlos zur Verfügung steht.

Weitere Unterrichtsgegenstände werden dann in unterrichtsspezifischen virtuellen Computern innerhalb dieser Infrastruktur abgehalten, wobei die Verteilung und Inbetriebnahme dieser Unterrichts-Computer unabhängig vom Unterrichtsgegenstand immer gleich erfolgen kann.

In weniger IT-affinen Studiengängen, in denen sich der Arbeitsschritt der Installation der Unterrichtsumgebung als zu schwierig erweist, können die Studierenden völlig ohne vorbereitende Installation die gleichen Unterrichts-Computer im stationären Labor in den Räumlichkeiten der Fachhochschule benutzen. Das gleiche gilt für kompliziertere Übungs-Setups, wo beispielsweise mehrere vernetzte Computer Übungsgegenstand sind. Auch diese Übungen sind im stationären Labor mit dem "vlizedlab" möglich. Nicht zuletzt dienen die stationären PCs im Labor auch als Backup-Lösung für Studierende, deren eigene Computer womöglich gerade nicht fehlerfrei funktionieren.

Zum Vlizedlab und zu diesem stationären Labor gehört eine sparsame Server-Installation, über die die Verteilung der Unterrichts-Computer sowohl innerhalb des Labors, als auch über das Internet an die Computer der Studierenden organisiert wird. Dass über diesen Labor-Server auch die Basis-Installation der Labor-PCs automatisiert durchgeführt werden kann und dass dort auch viele weitere unterrichtswichtige Services (Caches, Scratchboard, DNS, ...) betrieben werden, soll hier lediglich als Randnotiz erwähnt werden.

2. UNTERRICHT IM IT-LABOR

Didaktisch entspricht der Unterricht im IT-Labor – egal ob er auf den stationären Laborgeräten oder auf den mitgebrachten Geräten der Studierenden stattfindet – der vielleicht ältesten Form des Lehrens und Lernens überhaupt: Dem gemeinsamen Arbeiten von Lehrenden und Lernenden. Es sei daran erinnert, dass man schon im Mittelalter, bevor es Schulen, Lehrpläne, Klassenzimmer und Tafeln gab, "zum Meister in die Lehre ging". Das heißt, dass ein Handwerk oder

sonstige wichtige Fertigkeiten durch Beobachten, Abschauen und mit Hilfe des "Über die Schulter schauen" des Meisters erlernt wurden.

Auch in IT-Laboren der heutigen Zeit, sind das gemeinsame Erarbeiten von Lösungen, die Diskussion über unmittelbar anstehende Arbeitsschritte oder Probleme, überhaupt das "Köpfe zusammenstecken" und das "Über die Schulter schauen" ein unverzichtbarer Teil des Lehrens und Lernens. Oft hakt es bei einzelnen Studierenden nur an Kleinigkeiten – einem fehlenden Zeichen auf einer Programmzeile oder einer fehlerhaften Eingabe – um zum gewünschten Ergebnis zu kommen.

Manchmal entwickeln sich Lösungen von Studierenden überhaupt in eine falsche Richtung – in solchen Fällen ist ein frühes Eingreifen der Lehrenden auch ohne Anfrage der Studierenden wichtig, um unnötige Umwege auf dem Weg zum Lernziel zu vermeiden. Man denke zum Beispiel an den Programmierunterricht, in dem nicht nur das Erstellen von fehlerfrei funktionierenden Programmen, sondern auch ein "guter Programmierstil" vermittelt werden soll.

Weiters erfolgt der Unterricht gerade in der IT oft "Schritt für Schritt" als Anleitung, wenn etwa die Administration von diversen Systemen gelehrt wird. Wenn bei einem Studierenden auch nur ein Schritt dieser Abfolge nicht funktioniert, was in der IT selbst bei kleinsten Eingabefehlern passieren kann, wird es dem betreffenden Studierenden unmöglich, dem weiteren Unterricht zu folgen. In solchen Situationen ist die direkte Hilfe durch den Lehrenden am Bildschirm des Lernenden essentiell.

All diese Lehr- und Lernformen sind auf natürliche Weise in IT-Laboren im Präsenzunterricht möglich und werden in IT-affinen Studiengängen üblicherweise routinemäßig genutzt.

3. UND DANN KAM "CORONA"

Mit Beginn der Corona-Krise wurde der Unterricht an der Fachhochschule Burgenland praktisch über Nacht komplett auf Fernlehre umgestellt. Dies bot zwar an sich schon Herausforderungen, doch für die meisten Lehrformen bzw. didaktischen Funktionalitäten standen bereits Lösungen zur Verfügung oder wurden in kürzester Zeit gefunden:

- Die Übertragung von Bild und Stimme wird über entsprechende Video Conference-Tools gelöst.
- Die Projektion von Präsentationen im Hörsaal wird durch das Desktop Sharing des Video Conference-Tools simuliert.
- Mit entsprechenden Grafiktabletts, einfacher Grafik-Software und ebenfalls über Desktop Sharing kann das Whiteboard des Hörsaals online simuliert werden. Damit ist das spontane Erstellen von Skizzen während des Unterrichtens möglich.
- Über eine entsprechende Lernplattform können Aufgaben verteilt und Abgaben und Bewertungen leicht und rasch organisiert werden. Auch schriftliches Feedback durch Lehrende wird auf diesem Weg organisiert.
- Und auch sonst stand und steht eine Vielzahl an Standard-Tools zur Verfügung um mit Studierenden der IT-Studiengänge zu kommunizieren.

Damit konnten die meisten Unterrichtseinheiten mit minimalem Qualitätsverlust schnell in die Fernlehre übersetzt werden (wenn man von der sozialen und menschlichen Komponente absieht). Nur die so wichtige Funktion des IT-Labors war in Fernlehre nicht zu realisieren. Wie Studierende berichten, mussten deshalb viele andere Institutionen auf die unmittelbare Unterstützung der Lernenden durch die Lehrenden im IT-Unterricht verzichten und als Notlösung auf ein Unterrichtsschema von "Beispiele ausgeben" – "Abgaben absammeln" – "bewerten und Feedback geben" übergehen.

Der Autor und die Fachhochschule Burgenland wollten sich aber in den IT-Studiengängen mit diesem Qualitätsverlust nicht abfinden – deshalb wurde nach Abhilfe gesucht und mehrere Lösungen gefunden und implementiert.

4. DAS VIRTUELLE IT-LABOR

4.1. Anforderungen

Die Liste der Anforderungen an ein virtuelles IT-Labor liest sich ausgesprochen herausfordernd. Und das obwohl bereits auf die Erfahrungen und Lösungen des "vlizedlab" zurückgegriffen werden konnte, um das Problem der Vielfalt an verwendeter Unterrichts-Software in den Griff zu bekommen. Mit dem "vlizedlab" wird die Software-Installation vereinheitlicht und in die Verantwortung der einzelnen Lehrenden geschoben. Dennoch bleiben genug weitere Forderungen:

- Eine Vielzahl an verschiedenen Unterrichts-Computern muss leicht und schnell ausgerollt werden können und einheitlich in Betrieb zu nehmen sein. Für manche Gegenstände können das auch mehrere Unterrichts-Computer für eine Unterrichtseinheit sein man denke z.B. an Unterricht in Netzwerk-Administration.
- Die Lösung muss mit minimalem oder gänzlich ohne Installationsaufwand auf den Computern der Studierenden funktionieren.
- Dabei sind die Computer der Studierenden uneinheitlich und dürfen und können nicht von der lehrenden Institution administriert werden, weil sie den Studierenden gehören.
- Während des Unterrichts müssen Lehrende einfach und schnell auf die Bildschirme der Studierenden schauen können. Das Umschalten zwischen diesen Studierenden-Bildschirmen muss sehr schnell und unaufwendig erfolgen können.
- Auch die Computer der Lehrenden sind uneinheitlich und nicht im Eigentum der lehrenden Institution die Lösung muss für eine Vielzahl an Lehrenden funktionieren.
- Die Infrastruktur bzw. Hardware im bestehenden stationären Labor (im wesentlichen ein PC pro Arbeitsplatz) soll wenn möglich weiter benutzt werden.
- Es sollen möglichst keine zusätzlichen Kosten entstehen oder zusätzliche Hardware-Anschaffungen notwendig sein.
- Die Lösung soll möglichst kostenlos zur Verfügung stehen und Open Source sein.
- Die Lösung soll innerhalb weniger Wochen erdacht, implementiert, installiert und verfügbar sein.

4.2. Eigene Ressourcen nutzen – das "lab1"

Um den Präsenzunterricht im IT-Labor möglichst reibungsfrei in die Fernlehre zu übersetzen, braucht es parallel zu den anderen Unterrichts-Tools wie dem Video Conferencing, dem virtuellen Whiteboard, etc. vor allem ein Feature: Den Studierenden und den Lehrenden muss möglichst einfach ein Zugang zu den Bildschirmen auf den Labor-Computern ermöglicht werden. Wenn dann noch ein entsprechendes Berechtigungs-System vorgeschaltet wird, mit dem definiert werden kann, wer wann und wie Zugriff auf diese Computer hat (voller Zugriff oder nur view-only), kann der Labor-Unterricht praktisch unverändert auch in Fernlehre stattfinden. Das konnte auf folgende Weise realisiert werden:

- Im Basis-System der Labor-Computer wurde zunächst jeweils ein Desktop-Virtualisierungs-Server (konkret: ein VNC-Server [x11vnc]) installiert. Die Installation im Basis-System vereinheitlicht die Desktop-Virtualiserung und macht sie unabhängig von den Unterrichts-Computern. Damit muss in den Unterrichts-Computern selbst keine spezielle Software installiert sein.
- Über eine Schachtelung von ssh- und VNC-Verbindung kann der (existierende) Labor-Server jeweils eine Verbindung zu den einzelnen Labor-PCs im Labor herstellen. Und zwar so sicher, dass ein Missbrauch dieser Verbindungen auch im Präsenzbetrieb im Labor ausgeschlossen werden kann.
- Im Labor-Server wurde ein Übersetzer VNC → Web-Interface installiert. In Form von "Guacamole" [guacamole] existiert eine solche Software bereits unter einer Open Source-Lizenz, musste aber noch installiert, adaptiert und konfiguriert werden.
- Die Studierenden genauso wie die Lehrenden brauchen nur mehr einen gängigen Web-Browser (Firefox, Chromium, Chrome, Safari) in einer aktuellen Version, um über eine gewöhnliche Internet-Verbindung (https) praktisch wie auf einer Web-Seite Zugang zu einem Labor-PC zu bekommen. Dort starten sie wie gewohnt den eingesetzten Unter-

- richts-Computer, der schon vor dem Unterricht auf den Labor-PCs ausgerollt wurde und können direkt und unmittelbar mit dem Unterrichts-Computer arbeiten.
- Lehrende können über das selbe Web-Interface mit einem Web-Browser die Arbeit der einzelnen Studierenden verfolgen und jederzeit direkt am Bildschirm der Unterrichts-Computers einzelner Studierender eingreifen.
- Über ein eigens geschriebenes Skript-System werden die Zutrittsberechtigungen erteilt und geregelt. Dabei sind sogar Gruppenarbeiten also mehrere Studierende arbeiten gemeinsam an mehreren Unterrichts-Computern möglich.
- Ein Teil dieses Skript-Systems generiert Zugangscodes und Passwörter in einer Form, wie sie mittels der existierenden Lernplattform an die Studierenden ausgerollt werden können. Diese Zugangsdaten gelten dann für alle Unterrichtseinheiten und müssen daher nur einmal verteilt werden.

Aus Sicht der Studierenden und der Lehrenden heißt das: Sie bekommen eine URL, Zugangscode und Passwort und kommen mit einem einfachen Web-Browser auf ihren Unterrichts-Computer. Keine weitere Installation von Software ist notwendig. Lehrende sehen in ihrem Web-Browser eine Namensliste ihrer Studierenden und können durch einfaches Anklicken die Bildschirme einzelner Studierender angezeigt bekommen. Auch das gleichzeitige Anzeigen mehrerer Studierendenbildschirme ist möglich, was sich in der Praxis als ungeheuer nützlich zum Finden der richtigen Unterrichts-Geschwindigkeit erweist. Wenn die Lehrenden selbst virtuelle Unterrichts-Computer gestaltet haben, muss das Ausrollen vorher mit der Laborleitung organisiert werden.

Der Unterricht im "lab1" funktionierte ab ca. April/Mai 2020 von Anfang an klaglos. Lehrende und Studierende konnten praktisch ohne Einschulung intuitiv mit dem System umgehen. Eine Einarbeitungszeit entfiel, da die Studierenden ja die gewohnte Umgebung des "vlizedlab" sofort wiedererkannten und die Lehrenden im Fall von Problemen jeweils sofort (am Bildschirm) helfen konnten.

Der Ressourcen-Verbrauch am Labor-Server war dabei erstaunlich gering, selbst wenn eine große Gruppe von Studierenden gleichzeitig im Labor arbeitete.

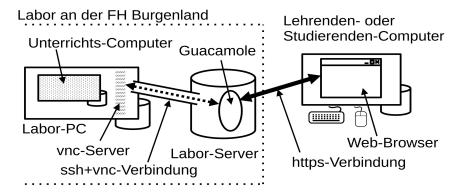


Abb. 1: Architektur des "lab1"

4.3. Ressourcen der Studierenden nutzen – das "labx"

Der einzige Nachteil des "lab1" ergibt sich daraus, dass an der Fachhochschule Burgenland nur ein IT-Labor zur Verfügung steht und wegen des notwendigen Zugriffs der Studierenden auf jeweils einen installierten Labor-PC nur eine Gruppe von Studierenden gleichzeitig unterrichtet werden kann.

Deshalb wurde zur Entlastung des "lab1" eine vereinfachte Labor-Lösung implementiert, die die Rechenleistung auf den Notebooks der Studierenden nutzt. Dieses sogenannte "labx" deckt zwar nicht alle Features des "lab1" ab, ist aber für eine große Mehrheit der Unterrichtsgegenstände ausreichend.

Dazu besann man sich auf die Möglichkeit, einzelne (einfache) virtuelle Unterrichts-Computer mittels "Virtualbox" auf den Computern der Studierenden zu betreiben. Wie erwähnt sind viele Studierende in den IT-Studiengängen der Fachhochschule Burgenland auf die Nutzung des "vlizedlab" am eigenen PC bereits eingeschult oder können leicht eingeschult werden. Zu einer

günstigen Labor-Lösung, die ohne eigene Hardware an der Institution auskommt, fehlt daher nur noch die Zugriffsmöglichkeit der Lehrenden auf die Unterrichts-Computer der Studierenden. Diese wurde wie folgt realisiert:

- In geeigneten virtuellen Unterrichts-Computern wurde Software für Desktop-Sharing und für das Aufnehmen und Halten einer (verschlüsselten) Verbindung zu einem speziellen Labor-Server integriert. Diese Verbindung zum Labor-Server ist im Unterricht verpflichtend.
- Am Labor-Server wurde der bewährte Übersetzer VNC → Web-Interface (i.e.: Guacamole) installiert und so konfiguriert, dass er jeweils durch die verschlüsselte Verbindung Unterrichts-Computer → Laborserver hindurch Verbindung zur Desktop-Virtualisierung im Unterrichts-Computer aufnehmen kann.
- Der Zugang f
 ür Lehrende wurde entsprechend automatisiert mit einem Skript generiert.
- Die Zugangsdaten für die Studierenden für die Verbindung Unterrichts-Computer → Laborserver wurden ebenfalls skript-basiert generiert und am Laborserver installiert.

Aus Sicht der Studierenden bedeutet das, dass sie vor dem Unterricht den Datenbestand des Unterrichts-Computers herunterladen müssen und diesen dann in ihrer "Virtualbox" während des Unterrichts betreiben – ein Vorgang mit dem die Studierenden der IT-Studiengänge an der Fachhochschule Burgenland vertraut sind. Im Unterrichts-Computer müssen sie einmalig ihre Zugangsdaten zum Laborserver eingeben – die Verbindung zu diesem wird danach jeweils automatisch errichtet und aufrechterhalten.

Lehrende benötigen keinerlei spezielle Software-Installation, lediglich einen Web-Browser und ihre Zugangsdaten. Sie sehen eine Liste ihrer Studierenden und können sich direkt durch Anklicken auf die Bildschirme der Unterrichts-Computer der Studierenden durchschalten – auch das gleichzeitige Übertragen mehrerer Studierendenbildschirme ist leicht möglich.

Diese Lösung wird parallel zu den üblichen Werkzeugen des Online-Unterrichts, im besonderen dem Video Conferencing-Tool eingesetzt.

Das "labx" kann im Gegensatz zum "lab1" nicht ganz so viele Unterrichtsszenarien abdecken:

- Man muss sich im Wesentlichen auf »einen« einfach gehaltenen Unterrichts-Computer pro Unterrichtsfach beschränken, weil Installation und Betrieb für die Studierenden sonst zu kompliziert wird, um verlässlich in Eigenregie bewältigt zu werden.
- Wegen der Notwendigkeit der Installation der Desktop Sharing-Software sind nicht so viele Konfigurationen mit dem "labx" kompatibel. Außerdem müssen die Lehrenden für die Installation dieser "labx"-Software selbst sorgen. Dafür wurden fertige Software-Pakete sowie Templates von virtuellen Unterrichts-Computern bereitgestellt.
- Unterricht im "labx" ist nur mit Gruppen von Studierenden möglich, für die die Installation der "vlizedlab"-Umgebung (also der "Virtualbox" Virtualisierungslösung) kein Problem darstellt.

Diese Voraussetzungen trafen jedoch für eine Vielzahl an Unterrichtsgegenständen und Studierendengruppen zu, weswegen das "labx" in vielen Fällen statt dem "lab1" benutzt werden konnte. Mit jenen Gruppen und Inhalten, auf die diese Voraussetzungen nicht zutrafen, konnte in das (aus Studierendensicht) viel leichter zu bedienende "lab1" ausgewichen werden. In Summe konnte mit dem "labx" die Auslastung des "lab1" drastisch gesenkt werden.

Wiederum war die vom "labx" verursachte Rechner- und Netzwerk-Auslastung am Laborserver überraschend gering und ein flüssiges Arbeiten mit allen Studierenden – auch bei gleichzeitigem Unterricht mehrerer Studierendengruppen – möglich.

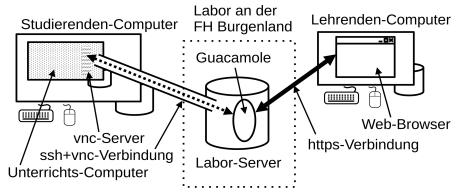


Abb. 2: Architektur des "labx"

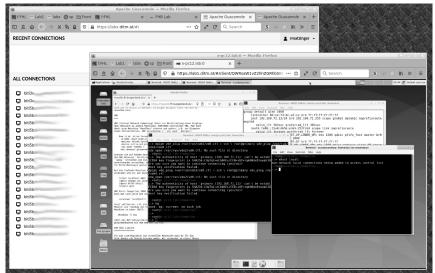


Abb. 3: Screenshot aus Lehrendensicht des "lab1" bzw. "labx"

4.4. Lab-As-A-Code – Virtuelles Labor in der Cloud – das "labN"

Mit der "Übersiedelung des Labors in den virtuellen Raum", ausgelöst durch die Notwendigkeit der Corona-Fernlehre, wurde der Betrieb eines Labors auf eigener Hardware an der Fachhochschule Burgenland unattraktiv. Umsomehr, als die Preisgestaltung mehrerer Cloud-Anbieter in der Zwischenzeit auch preislich den Umstieg auf Cloud-Infrastruktur nahelegten. Aus diesen Gründen erschien es angebracht, die IT-Labor-Infrastruktur überhaupt neu zu denken und die Nachteile des "lab1" und "labx" zu überwinden. Zu diesen Nachteilen gehörten:

- Das Verwalten der verschiedenen virtuellen Unterrichts-Computer und deren Templates war aufwendig und unübersichtlich, vor allem was Software-Upgrades betraf.
- Die Größe dieser Templates der Unterrichts-Computer verursachten immensen Bedarf an Storage mit wenig Einsparmöglichkeiten. Im Fall des "labx" erstreckte sich das Problem auch auf die Notebooks der Studierenden.

Um für komplexeren IT-Unterricht mit schnell wechselnden Unterrichts-Szenarien (und daher schnell wechselnden virtuellen Unterrichts-Computern) besser gerüstet zu sein und die Beschränkungen von "lab1" und "labx" zu überwinden wurde ein neues "Labor in der Cloud" – genannt "labN" – erdacht und implementiert. Die bewährten Unterrichtsprinzipien des "lab1" und vor allem der einheitliche Zugang über Web-Browser und einheitliche Zugangsdaten sollten dabei erhalten bleiben. Die neuen Eigenschaften dieses neuen "labN" sind:

- Es wird keine eigene Hardware an der Institution mehr benötigt, sondern das Labor läuft bei einem entsprechenden Cloud-Provider, wie es mittlerweile viele gibt.
- Ein Labor für eine Kohorte Studierender wird ausschließlich aus einem Set von Scripts erzeugt. Dieses eine Labor umfasst alle virtuellen Unterrichts-Computer mitsamt einem eigenen Zugangs-Server und den darauf installierten Zugangsdaten.

- Diese Scripte umfassen auch die spezielle Konfiguration der Software auf den Unterrichts-Computern es gibt keine Maschinen-Templates mehr. Ein Satz Scripte beschreibt ein Labor für eine Unterrichtsgruppe vollständig. Weil die Unterrichts-Computer mit den Scripten beim Cloud-Anbieter stets aktuell erzeugt und konfiguriert werden, ist auch die eingesetzte Software immer aktuell.
- Man kann leicht mehrere Labore für mehrere Gruppen von Studierenden und mehrere Unterrichtsgegenstände betreiben. Labore lassen sich kurzfristig und rasch erzeugen und auch wieder löschen.
- Das Script-System lässt sich leicht für verschiedene Cloud-Anbieter adaptieren, die Konfiguration der Unterrichtsmaschinen ist davon unabhängig und verbleibt (als Script) vollständig an der Institution. Damit werden Vendor-Lockins, also die Abhängigkeit von spezifischen Cloud-Anbietern vermieden.
- Studierende haben stets den gleichen Zugang zu Ihrem (jeweiligen) Labor mit einer einheitlichen URL und ihren Zugangsdaten unabhängig vom Cloud-Anbieter, bei dem das Labor betrieben wird. Wechselt das Unterrichts-Szenario, wird einfach das virtuelle Labor hinter dieser URL mit wenigen Befehlen passend neu aufgebaut.
- Wie beim "lab1" braucht es keinerlei Vorbereitung oder spezielle Hard- oder Software-Voraussetzungen auf den Notebooks der Lehrenden oder Studierenden – ein aktueller Web-Browser genügt.
- Es ist leicht möglich auch mehrere vernetzte Unterrichtsmaschinen pro Studierendem einzurichten um spezielle, etwa Netzwerk-Übungen durchzuführen. Auch Gruppenarbeiten können implementiert und durchgeführt werden.

Besser als im "lab1" können die Unterrichts-Computer auch einer größeren Zahl von Studierdenden 24/7 zur Verfügung gestellt werden. Mitarbeitskontrollen, Prüfungen und Abgaben können ähnlich wie im "lab1" leicht durchgeführt werden, ohne dass tatsächlich etwas abgegeben werden muss – die Kontrolle erfolgt jeweils direkt auf den Unterrichts-Computern durch die Lehrenden. Auch fast alle weiteren Vorteile des "lab1" bleiben im "labN" erhalten, lediglich in der Netzwerk-Konfiguration besteht hier eine etwas geringere Flexibilität, was aber durch weitere Implementierungs-Tricks in zukünftigen Versionen des "labN" abgefangen werden kann. Lehrende können ihre Konfigurationen leichter austauschen und durch einfaches Editieren der jeweiligen Scripts adaptieren.

Die Kosten für den Betrieb eines solchen "labN" sind dabei vertretbar und bewegen sich im Bereich von € 5,- pro Unterrichts-Computer und Monat (Stand März 2022) für ein 24/7 zugängliches Labor. Das "labN" soll daher auch im zukünftigen Präsenzunterricht den Einsatz eigener Labor-Hardware an der Fachhochschule Burgenland dauerhaft ablösen.

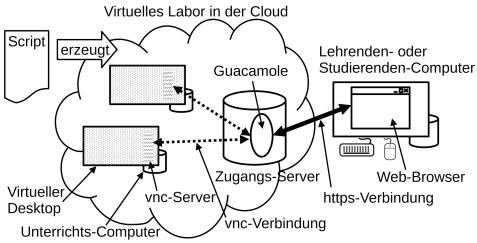


Abb. 4: Architektur des "labN"

5. ERFAHRUNGEN

Rückmeldungen und Erfahrungsberichte von Studierenden und Lehrenden auf die neue Unterrichts-Infrastruktur der beschriebenen "lab"s waren von Anfang an äußerst positiv. Der Umgang war von Anfang an intuitiv möglich, weil alle Beteiligten praktisch eine online-Version der gewohnten Arbeits- und Unterrichtsumgebung vorfanden.

Technische Probleme blieben (überraschenderweise) marginal und betrafen praktisch nur Tastatur-Einstellungen beim "lab1" – doch auch das konnte rasch gelöst werden.

5.1. Unterrichtsbeispiele

Die Möglichkeiten, Inhalte im "vlizedlab" zu unterrichten sind beinahe unbegrenzt, da fast alles, was auf einem Computer installiert werden kann, auch im vlizedlab unterrichtbar ist. Einschränkungen ergeben sich nur bei lizenzpflichtiger Software (der hier angesprochene Unterricht kann vollständig mit Open Source-Software abgedeckt werden) und bei grafik-intensiven Anwendungen mit schneller Bildfolge (z.B. Videoschnitt, 3D Animation).

Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, im "vlizedlab" den Studierenden in den Unterrichts-Computern auch Administrator-Rechte zu geben – was in allen Unterrichtsgegenständen wo es um Systemadministration geht und/oder wo das Installieren von Software selbst Unterrichtsgegenstand ist, unverzichtbar ist.

Konkret konnten positive Erfahrungen mit folgenden Unterrichtsgegenständen bzw. -inhalten gemacht werden:

- Programmieren mit einer Vielzahl an Programmiersprachen, Software-Bibliotheken und Entwicklungsumgebungen.
- Algorithmen und Datenstrukturen, Simulation und Visualisierung verschiedener Algorithmen, Komplexität.
- Systemadministration, Installation von Betriebssystemen.
- Netzwerk-Administration, Anbinden von Computern an Computernetze, Firewalls.
- Storage-Administration, RAIDs, LVM, Layered and Encrypted File Systems.
- Software-Verteilung und automatisierte Software-Installation.
- Blockchains, Smart Contracts und deren Programmierung und Einsatz.
- Virtualisierung, Container, LXC, Docker.
- Container-Orchestration, Administration von Kubernetes-Clustern.
- u.v.m.

Im Besonderen können mit dem "lab1" und dem "labN" auch bestimmte Prüfungen, etwa in "Betriebssysteme" besonders praxisnah und sicher online abgewickelt werden: Den Studierenden wird zu Beginn der Prüfung der Zugang zu jeweils vorbereiteten Unterrichts-Computern im Labor freigeschaltet. In diesem Unterrichts-Computern ist die Prüfungsaufgabe (eine Konfiguration herstellen) zu lösen und zu testen. Mit Ende der Prüfung wird der Zugang für Studierende wieder gesperrt, die während der Prüfungszeit konfigurierten Unterrichts-Computer selbst stellten die Abgabe dar und können vom Lehrenden überprüft und bewertet werden.

5.2. Rückmeldungen von Studierenden

Der positive Eindruck bei den Studierenden drückte sich auch in den Evaluierungen der Unterrichtsfächer durch die Studierenden aus, die im "lab1", "labx" und "labN" unterrichtet wurden: Etliche Unterrichtsgegenstände wurden in den Evaluierungen sogar noch besser bewertet, also vorher im konventionellen Präsenzunterricht. Das mag dem Umstand geschuldet sein, dass Studierende einfach froh waren, in Corona-Zeiten mit guter Unterrichtsqualität weiter studieren zu können, zeigt aber auch die positive Stimmung unter den Studierenden. Die folgenden Zitate aus den anonymisierten Evaluierungen sollen das veranschaulichen (Orthografie und Grammatikfehler in den Zitaten wurden belassen):

• Aus der Evaluierung für "Betriebssysteme 1", Sommersemester 2020:

"Herr Matzinger hat in der 'Fernlerne' immer alles bestens vorbereitet, vor allem die Laborübung war sehr gut gestaltet."

"Wie Herr Matzinger LV durchführt ..., begeistert es mich! Danke, Herr Matzinger!"

- "sehr guter Unterrricht, top Einheit mit der möglichkeit der direkten Unterstützung!"
- "sehr gute Lösung für Remote Unterricht (virtuelles Labor) schnelle Hilfe bei Problemen, viele Beispiele aus der Praxis"
- "Großes Lob an Herrn Matzinger, der eine tolle Möglichkeit geschaffen hat, per Fernlehre am Labor der FH in Eisenstadt zu arbeiten!"
- "Das "Vlizedlab remote" ist wirklich ein super Tool. Hr. Matzinger hat hier echt ein tolles Werk vollbracht!!! Er konnte mir heute während der LV mehrere Male weiterhelfen und somit konnte ich die Installationsübung sauber bis zum Ende durchführen. ... Von meiner Seite aus kann dieses Format besonders in technischen Fächern gerne beibehalten werden ..."
- "Aus meiner Sicht ist der Unterricht auch Praxis bezogen, auch die Möglichkeit über das 'Apache Guacamole' auf die Labor Rechner zuzugreifen finde ich persönlich Beindruckend."
- "Sehr coole Sache mit dem neuen Online-Lab. ... Bitte weiter so. Top."
- "Das online Labor ist eine gute Alternative zum Unterricht in der Fh."
- Aus der Evaluierung von "Technisches Management von Cloud Solutions", Sommersemester 2020:
- "Die Virtualisierung des Labors ist ein Hammer!!! Beeindruckend. Die Betreung war vorher schon ausgezeichnet, aber damit ist es wie wenn man Vor-Ort ist."
- "Kubernetes-Lab war super, toll auch der Aufbau mit Docker vorher ..."
- "Typisch Matzinger... Hochwerte Lehrveranstaltung, perfekt vorbereitet... Verbesserungspotential kaum vorhanden... Tolles VLab"
- "sehr gute Veranstaltung mit tollen Laborübungen, kaum zu toppen."
- "Infrastruktur vom Matzinger ist beeindruckend"
 - Aus den Evaluierungen von "Virtualisierungstechnologien", Wintersemester 2020/21
- "Die Labx Umgebung wurde ausgezeichnet und professionell vorbereitet, dies stellte eine angenehme und unkomplizierte Umgebung für die (u.a. coronabedingte) Fernlehre dar."
- "Die Laborübung war überdurchschnittlich gut organisiert und professionell aufgezogen, ganz großes Kino. Bitte mehr davon!"
- "Wie immer ist die Vorbereitung von Hr. Matzinger ein Traum."
- "... das Labor funktioniert in der Fernlehre sehr gut und ist eine sehr gute Alternative!"
- "Dicke Lob an den Vortragenden Prof. Matzinger, der sich die Zeit und Mühe genommen hat, die Laborumgebung zu erdenken …"
- "Hallte es für bewunderswert was Hr. Dr Matzinger in dieser kurzen Zeit auf die Beine gestellt hat. Laborübungen vor Ort wären nicht effektiver als auf diese Weise."
- "Sowohl fachlich/inhaltlich als auch organisatorisch unglaublich gut."
- "Die Infrastruktur des LABX ist technisch herausragend und sicher auf international vorzeigbaren Niveau. Bitte mehr davon!"
- "Wirklich sehr gute Lehrveranstaltung und es hat alles perfekt funktioniert!"

6. BASIS UND STATUS DES PROJEKTS

Sowohl das "vlizedlab" als auch dessen Erweiterungen, das "lab1", das "labx" und das "labN" wurden vom Autor dieser Arbeit als Kitt zwischen existierenden Software-Komponenten entwickelt. Konkret umfassen diese Software-Komponenten: Debian GNU-Linux [debian] (darin besonders erwähnenswert: Xorg/X11 [xorg], i3 [i3]), openssh [openssh], VNC, im speziellen x11vnc [x11vnc] [tightvnc] [ultravnc], Guacamole [guacamole] (welches seinerseits auf Apache [apache], Tomcat [tomcat], openssl [openssl], lets-enrypt [letsencrypt], etc. aufbaut), nginx [nginx], lighttpd [lighttpd], apt-cacher-ng [acng], bind9 [bind], fai [fai] und viele weitere Software-Pakete. Die Scripte für das "labN" beruhen auf Terraform [terraform] und Ansible [ansible]. All diese verwendete Software steht unter Open Source-Lizenzen. Auch die Skripts und Konfigurationen, die diese Pakete zum "vlizedlab" bzw. zu "lab1", "labx" und "labN" verbinden, sind als Open Source Software unter GPL [gpl] entwickelt worden, sodass das vlizedlab und alle seine Varianten jederzeit an anderen Institutionen lizenzkostenfrei eingesetzt werden können.

"vlizedlab", "lab1", "labx" und "labN" sind im produktiven Einsatz im Unterricht an der Fachhochschule Burgenland, das "vlizedlab" seit ca. 2008, "lab1" und "labx" seit ca. April/Mai 2020, "labN" seit Beginn 2022.

Von Anfang an gab es nur wenige und kleinere Probleme, der Unterricht lief bereits in den ersten Einheiten klaglos. Im Besonderen war der sparsame Ressourcen-Verbrauch was die benötigte Rechen- und Netzwerkleistung betrifft, überraschend.

Klarerweise ist die Implementierung an einigen Stellen noch zu bereinigen. Eine Restrukturierung und Modularisierung des Projekts, mit der man leicht weitere Entwicklerinnen und Entwickler am Projekt beteiligen kann sowie das Verfassen einer besseren Dokumentation, um das Projekt leichter an anderen Institutionen einzusetzen, stehen als nächste Arbeitsschritte an.

Mit Stand Jänner 2021 arbeiteten an der Fachhochschule Burgenland rund 250 Studierende in 13 Laborgruppen mit ca. 10 Lehrenden im "lab1" bzw. im "labx" und erhielten Unterricht in den verschiedensten Fächern der Bachelorstudiengänge "IT Infrastruktur-Management", "Software Engineering und vernetzte Systeme" sowie im Masterstudiengang "Cloud Computing Engineering". Für das "labN" sind es seit Februar 2022 fünf Laborgruppen mit in Summe ca. 90 Studierenden.

7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Insgesamt wurde mit der Entwicklung von "lab1", "labx" und "labN" die ohnehin schon sehr flexible und bewährte Infrastruktur des "vlizedlab", die an der Fachhochschule Burgenland seit vielen Jahren im Unterrichtseinsatz ist, entscheidend erweitert. Damit wurde der Fernlehre-Unterricht für etliche Unterrichtsgegenstände in den IT-Studiengängen der Fachhochschule Burgenland überhaupt erst möglich gemacht. Vor allem wurde die didaktisch so wertvolle Labor-Situation in die Fernlehre übersetzt und damit ein qualitätsvoller Unterricht jenseits von Aufgabe-Abgabe-Feedback auch in Corona-Zeiten ermöglicht.

Studierende zeigten sich von dieser Form des Unterrichts in Zeiten der Nicht-Durchführbarkeit von Präsenzunterricht sehr zufrieden und evaluierten die so durchgeführten Lehrveranstaltungen ausgesprochen positiv.

Weiters zeigten sich – wie zu beobachten war – Studierende zusätzlich motiviert, wenn sie sehen konnten, wie jene Lehrende, von denen sie unterrichtet werden, ihr Wissen zur Bewältigung der IT-Probleme des Unterrichts einsetzen und Lösungen konstruieren/programmieren, von denen die Studierenden selbst als Anwenderinnen und Anwender profitieren. Diese Vorbildwirkung von Lehrenden ist als Motivationsfaktor der Studierenden nicht zu unterschätzen.

Das "vlizedlab" genauso wie "lab1", "labx" und "labN" konnten als Eigenentwicklung des Autors im Rahmen seiner Aufgaben als Hochschullehrender realisiert werden und stehen als Open Source-Lösung auch anderen Instituionen lizenzkostenfrei zur Verfügung.

Nach dem erfolgreichen Einsatz über mehr als drei Semester hinweg, kann gesagt werden, dass damit nicht nur ein sehr guter Ersatz für den Präsenzunterricht in den IT-Laboren geschaffen wurde, sondern dass damit Lösungen konstruiert und Unterrichtspraktiken etabliert wurden, von denen mit Sicherheit auch nach dem zu erhoffenden Ende der Corona-Krise auf vielfältige Weise profitiert werden kann.

LITERATUR

- Feliu J., Sahuquillo J., Petit S. (2018), *Designing lab sessions focusing on real processors for computer architecture courses: A practical perspective*, Elsevier, Journal of Parallel and Distributed Computing, Volume 118, Part 1, August 2018, Pages 128-139
- Holmberg, B. (2005) *The evolution, principles and practices of distance education*. Bibliotheks-und Informationssystem der Universität Oldenburg.
- Kock, N., Nosek, J. (March 2005) Expanding the boundaries of e-collaboration. IEEE Transactions on Professional Communication 48 (1).
- de Limam, J.P.C, Carlos L.M., Schardosim Simão J.P., Pereira J., Mafra P.M., da Silva J.B. (2016), *Design and implementation of a remote lab for teaching programming and robotics*, IFAC PapersOn-Line, Elsevier, Volume 49, Issue 30, 2016, Pages 86-91
- Lever-Duffy, Judy and McDonald, Jean B (2008) Teaching and Learning with Technology. Pearson Education, Inc. (also in 2005 and 2003).
- Li, Qing (2004). New Horizon In Web-based Learning. World Scientific. ISBN 9812560297.

Matzinger, Robert (2008), Remote On-Screen Support and Cooperation with Open Source Components in e-Learning, In: Pannonia Research Report: ausgezeichnete angewandte Forschungsergebnisse des Awards der Fachhochschulstudiengänge Burgenland, E. Weber, ISBN 978-3-85253-407-7

Matzinger, Robert (2014), VlizedLab - Eine Open Source-Virtualisierungslösung für PC-Räume, Konferenzbeitrag auf der FROSCON 2014, https://media.ccc.de/search/?q=Vlizedlab

Matzinger, Robert (2021), VlizedLab Remote - Wenn Dein Computer-Labor nach Hause kommt, Konferenzbeitrag auf der FROSCON 2021, https://media.ccc.de/search/?q=Vlizedlab

Riemer, K. (2009) eCollaboration: Systeme, Anwendungen und aktuelle Entwicklungen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. Vol. 267, June 2009, p. 7-17.

Scheifler, Robert W. and Gettys, James (1996) X Window System: Core and extension protocols: X version 11, releases 6 and 6.1. Digital Press, ISBN 1-55558-148-X

Scherer R., Siddiq F., Sánchez Viverosc B. (2020), A meta-analysis of teaching and learning computer programming: Effective instructional approaches and conditions, Computers in Human Behavior, Elsevier, Volume 109, August 2020

Shazwani Saadon, Azmin Sham Rambely, Nur Riza Mohd Suradi (2011), *The Role of Computer Labs in Teaching and Learning Process in The Field of Mathematical Sciences*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Elsevier, Volume 18, 2011, Pages 348-352

WEB RESSOURCEN

[acng] Apt-Cacher NG – Software Package Download Proxy, https://www.unix-ag.uni-kl.de/~bloch/acng/[ansible] Ansible Documentation, https://docs.ansible.com/

[apache] The Apache HTTP Server Project, https://httpd.apache.org/

[bind] Bind9.net, https://www.bind9.net/

[debian] Debian -- The Universal Operating System, https://www.debian.org/

[fai] FAI - Fully Automatic Installation, https://fai-project.org/

[gpl] GNU Project – Licenses – Free Software Foundation, https://www.gnu.org/licenses/licenses.en.html [guacamole] Apache Guacamole, https://guacamole.apache.org/

[i3] I3 – improved tiling wm, https://i3wm.org/

[letsencrypt] Let's Encrypt - Free SSL/TLS Certificates, https://letsencrypt.org/

[lighttd] *Home - Lighttpd - fly light*, https://www.lighttpd.net/

[nginx] NGINX | High Performance Load Balancer, Web Server, & ... https://www.nginx.com/

[openssh] OpenSSH, https://www.openssh.com

[openssl] OpenSSL, https://www.openssl.org/

[terraform] Terraform by Hashycorp, https://www.terraform.io/

[tightvnc] TightVNC: VNC-Based Free Remote Control Solution, http://www.tightvnc.com/

[tomcat] Apache Tomcat, http://tomcat.apache.org/

[ultravnc] UltraVNC: Remote Support Software, http://www.uvnc.com

[virtualbox] Oracle VM Virtualbox, https://www.virtualbox.org

[vlizedlab] Vlizedlab Home Page, https://www.vlizedlab.at

[x11vnc] LibVNC/x11vnc: a VNC server for real X displays, https://github.com/LibVNC/x11vnc

[xorg] X.Org Home, https://www.x.org