

bwLehrpool: Plattform für die effiziente Bereitstellung von Lehr- und Klausurumgebungen

Stephan Trahasch,¹ Dirk von Suchodoletz,² Jan Münchenberg,¹
Simon Rettberg,² Christian Rößler,² Michael Wilson¹

(1: *vorname.name@hs-offenburg.de*, 2: *vorname.name@rz.uni-freiburg.de*)

Hochschule Offenburg und Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Abstract: Im Zuge des bwLehrpool-Projekts wurde ein verteiltes System für die flexible Nutzung von PC-Räumen durch Desktop-Virtualisierung entwickelt. Auf der Basis eines zentral gebooteten Linux-Grundsystems können beliebige virtualisierbare Betriebssysteme für Lehr- und Prüfungszwecke zentral bereitgestellt und lokal auf den Maschinen ausgewählt werden. Die verschiedenen Arbeitsumgebungen müssen nicht mehr auf den PCs installiert werden und erlauben so eine multifunktionale Nutzung von Maschinen und Räumen. bwLehrpool abstrahiert so von der jeweiligen Hardware in den Räumen vor Ort und gibt den Lehrenden weitestgehende Freiheiten bei der Gestaltung ihrer Softwareumgebungen zurück. Das erlaubt nicht nur den schnellen Wechsel verschiedener Kurse in einem einzigen Raum, sondern ebenso die Nutzung der Infrastruktur für verschiedene Arten von Leistungskontrollen und Assessments. Darüberhinaus fördert bwLehrpool den hochschulübergreifenden Austausch von Kursen und Prüfungsumgebungen. Für den großflächigeren Einsatz insbesondere auch in Test-Centers werden weitergehende Steuer- und Servicemodule benötigt, um beispielsweise ganze PC-Räume zeitgesteuert in einen bestimmten Prüfungsmodus zu versetzen.

1 Motivation

Die IT-Landschaft der Universitäten und Hochschulen wandelt sich grundlegend. Vor 20 Jahren stand die großflächige Bereitstellung von PC-Arbeitsplätzen mit Standardsoftware und Internetzugang im Fokus. Da diese Aufgabe weitgehend durch private Laptops oder Tablets der Lehrenden und Studierenden abgedeckt wird, werden bereitgestellte PC-Lehrpools hauptsächlich für Kurse und zunehmend für die Abnahme von Prüfungen erforderlich.

Derzeit ist die Auslastung vieler Computer-Räume an Hochschulen und Universitäten suboptimal, da sie üblicherweise an bestimmte Fachbereiche, Lehrstühle oder andere organisatorische Einheiten gebunden sind. Damit einher geht eine feste Softwareumgebung aus Betriebssystem und Anwendungen in einer bestimmten Version, die durch lokal zuständige Administratoren installiert und gepflegt wird. Obwohl es von der rein technischen Ausstattung der Räume mit einer bestimmten Anzahl leistungsfähiger x86-PCs, vernünftigen Bildschirmen und Beamer möglich wäre, sowohl Programmier-, Sprachlehre- oder Lehrveranstaltungen zur Einführung in die Nutzung von Statistiksoftware durchzuführen,

scheitert dieses an unflexiblen Setups. Ebenso verhindert das klassische Betriebsmodell eine zügige, kurzfristige Umwandlung in Test-Center für kurze Phasen von E-Klausuren oder für elektronische Aufnahmetests potenzieller Studierender. Die anhaltend hohen Studierendenzahlen bei gleichzeitig beschränkten Ressourcen bezüglich des technischen Personals erfordern eine deutlich intensivere Nutzung vorhandener Räume sowie eine bessere Ausnutzung installierter Hardware-Ressourcen.

Für den effektiven und flexiblen Betrieb von PC-Pools muss eine individuelle Administration Einzelrechner vermieden werden. Das hierfür bereits vielfach eingesetzte durchaus mächtige, jedoch schnell aufwändig werdende Software- und Paketmanagement bindet personelle Ressourcen und ist in vielen Fällen unnötig, teilweise sogar kontraproduktiv. So haben Administratoren oft wenig Einblick in die heterogenen Wünsche und Bedürfnisse ihrer Nutzergruppen und verfügen in den seltensten Fällen über das notwendige Wissen zur installierenden und konfigurierenden Spezialsoftware. Umgekehrt haben Lehrende oft spezielle Vorstellungen an die Verfügbarkeit bestimmter Software und das Aussehen von Umgebungen, die von der Administration nicht schnell genug umgesetzt werden können. Für den modernen Hochschulalltag ist diese Vorgehensweise zu schwerfällig, und insbesondere bezogen auf die Notwendigkeit des schnellen Wechsels von Kursumgebungen während der Pausenzeiten zu beschränkt. Obendrein können komplexere Umgebungen, wie sie beispielsweise für Datenbankentwicklungen oder verteilte Programmierung notwendig sind, nur mit grossem Aufwand realisiert werden.

2 Angestrebte Nutzungsformen

bwLehrpool macht divergierende Betriebsmodelle auf einer einzigen Hardware verwendbar. So sollen neben bwLehrpool die klassischen Betriebsmodelle¹ weiterhin möglich sein, um eine hohe Akzeptanz bei den Betreibern der Hardware zu erreichen. Wenn sich zusätzlich eine bessere hochschulübergreifende Nutzung von Expertenwissen bezüglich Betriebssystemen, Anwendungen und Anwendungsumgebungen erreichen lässt, kann mit deutlichen Synergieeffekte im Bereich der Lehre gerechnet werden. Studierende sollen im jeweiligen PC-Pool für bestimmte Lehrveranstaltungen durchaus sehr verschiedenen Typs oder auch zum freien Lernen und Üben verschiedene Arbeitsumgebungen aus Betriebssystem und installierter Software vorfinden, die zu ihrem Fachgebiet beziehungsweise ihrem Übungsprofil passt. Dabei sollten geeignete Umgebungen an verschiedenen Stellen am Campus verfügbar sein, damit sich Studierende frei zwischen günstig gelegenen und nicht durch Lehrveranstaltungen belegten Räumen entscheiden können. Die Lehrbeauftragten oder jeweiligen Zuständigen für PC-Pools sollen die gleichen Arbeitsumgebungen (AU) verwenden, weiterentwickeln und optimieren können.

¹ Beispielsweise das Booten von lokal auf der Festplatte installierten Betriebssystemen

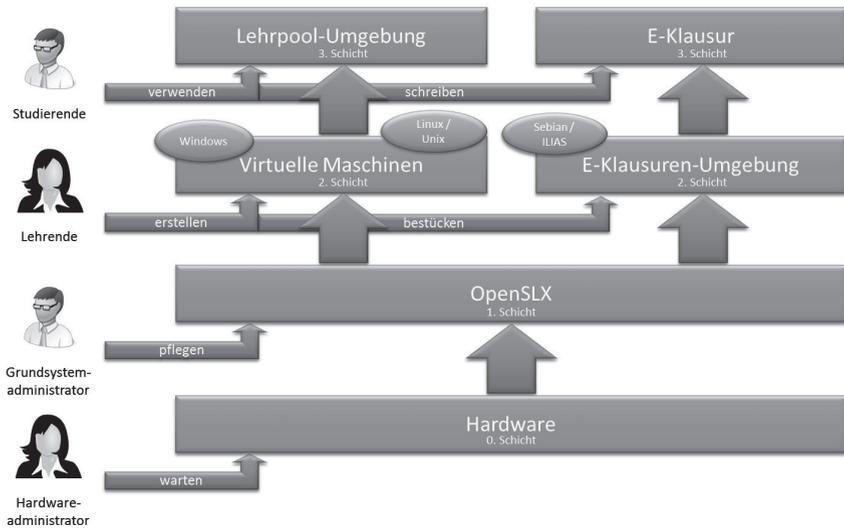


Abbildung 1: Die Abstraktion der Ebenen und die damit einhergehende administrative Entkopplung erlaubt deutlich flexiblere Betriebsmodelle und bessere Auslastung der PC-Pools.

2.1 E-Klausuren und Assessments

Summative Prüfungen beziehungsweise schriftliche Klausuren werden nach wie vor für den Abschluss von Lehrveranstaltungen benötigt und messen hierbei die Leistungen nach dem Wissenserwerb und somit den abschließenden Lernerfolg von Studierenden. Traditionell wird dies als klassische papierbasierte Klausur am Semesterende oder als Zwischen-test nach thematischen Einheiten schriftlich durchgeführt. Dies liegt unter anderem daran, dass IT-gestützte, summative Prüfungen hohe Anforderungen an die rechtliche Sicherheit und den Datenschutz stellen. Darüberhinaus besteht sowohl an Hochschulen als auch in einzelnen Fächern der Universitäten ein erhöhter Bedarf für Eingangstests zur Standortbestimmung zu Semesterbeginn oder auch für diagnostische Eignungstest, die bei der Auswahl von Studierenden bei zugangsbeschränkten Studiengängen eingesetzt werden.

Learning Management Systeme (LMS) wie ILIAS oder Moodle bieten für Prüfungen nur eingeschränkte Fragemöglichkeiten wie Multiple-Choice, Lückentexte oder Anordnungsfragen. Es können durchaus komplexere Szenarien erstellt werden; jedoch ist es aus didaktischer Sicht für bestimmte Einsatzgebiete sinnvoll, dass Prüfungen unter dem Einsatz authentischer Werkzeuge des jeweiligen Fachgebiets stattfinden können. Im Maschinenbau ist es beispielsweise wünschenswert, dass Studierende an einem CAD-System Klausuraufgaben bearbeiten können, oder in der Informatik ist es zweckmäßig, dass Studierende während einer Klausur Programmieraufgaben mit der gewohnten Entwicklungsumgebung lösen. Für solche Szenarien ist es zwingend notwendig, dass die Prüflinge nur die für die Klausur freigegebenen Programme und Funktionen des Betriebssystems nutzen und gegebenenfalls auf dedizierte Server oder Dienste zugreifen können.

Gerade an den Hochschulen besteht eine große Nachfrage nach Zertifizierungen seitens der Studierenden, da solche Zertifikate wichtige Kriterien für spätere Bewerbungsverfahren sind. Während bei VM-basierten E-Klausuren üblicherweise Lehrende für die jeweilige Klausur eine individuelle Prüfungsumgebung schaffen, ist der Zertifikatserwerb systembedingt sehr einheitlich und vergleichbar über die Hochschulen hinweg (z.B. SAP TERP10). So werden in den meisten Fällen wie beispielsweise bei SAP, Microsoft oder Oracle an allen Hochschulen die gleichen Prüfungsserver verwendet. Hier besteht das Ziel, eine möglichst aufwandsarme Umgebung bereitzustellen, die sehr schnell zwischen sehr unterschiedlichen Übungs- und Zertifizierungsumgebungen der verschiedenen Anbieter hin- und herschalten kann. E-Klausuren bzw. Zertifizierungen können somit während des normalen Lehrbetriebs durchgeführt werden.

3 Vorarbeiten und Stand der Technik

Die Nutzung von Virtualisierung im Bereich Ausbildung setzt sich ihrer Vorteile wegen zunehmend durch [Lun09, Sol11, CCC⁺12]. Hier gewinnt speziell die Desktop-Virtualisierung zunehmende Bedeutung [DOMM13]. Der Einsatz eines über ein LAN bootenden Linuxes für das schnelle und administrationsarme Deployment größerer Rechnerzahlen ist an verschiedenen Stellen bereits beschrieben worden [SvSS⁺11, MSNY05]. Hier gibt es durchaus verschiedene Varianten und Ansätze, um beispielsweise eine automatische Erkennung und Konfiguration der Hardware bei jedem Start zu realisieren. Die meisten dieser Ansätze arbeiten stateless, was bedeutet, dass keine lokale Speicherung einer Konfiguration oder eines Maschinenzustands erfolgt. bwLehrpool setzt hierfür auf das OpenSLX-Projekt als Boot-Middleware [SvSJS14], welches ebenfalls zustandslos arbeitet und dafür sorgt, dass eine breite Palette unterschiedlicher x86-Hardware unterstützt wird. In den meisten Remote-Boot-Varianten bleibt das jeweils erwartete Verhalten der gewählten Linux-Distribution erhalten, die Anpassungen und Änderungen finden im Hintergrund hauptsächlich während des Bootvorgangs statt. Dieser wurde dabei so modifiziert, dass er im Optimalfall deutlich weniger Zeit als bei einer festplattenbasierten Installation benötigt. Die Konfiguration der Maschine erfolgt in zwei Phasen, einmal durch Vorbereitungen auf dem Boot-Server als auch später während des Bootvorgangs auf den einzelnen Client-Maschinen. Ausgangspunkt ist ein auf einer Referenzmaschine installiertes und mit allen notwendigen Standardpaketen versehenes Vorlagensystem, dessen Dateisystem geclont wird [vSMH⁺14].

E-Klausuren werden in der Regel mit LMS in speziellen Testcentern durchgeführt.² Dazu wird auf dem Betriebssystem eine Anwendung installiert, die das System in einen Kiosk-Modus versetzt, den PC absichert und nur das Starten bestimmter Applikationen erlaubt. Um eine sichere Klausurumgebung gewährleisten zu können, sind diese Anwendungen sehr systemnah programmiert und stehen deshalb nicht für alle Betriebssysteme

² Vgl. hierzu <https://www.uni-due.de/zim/services/pc-pruefungen/pc-hall.shtml>. Eine gute Übersicht bietet zudem http://www.e-teaching.org/lehrszenarien/pruefung/pruefungsform/e-pruefung/index_html.

zur Verfügung.³ Eine andere Variante ist die Steuerung der Testrechner durch einen zentralen Prüfungsserver.⁴ Hierbei wird in der Regel über ein Browser-Plugin die Kommunikation mit dem Prüfungsserver aufgebaut und damit die Prüfung gestartet. Alle Aktionen und Ergebnisse werden durch den Prüfungsserver protokolliert. Die Absicherung des Betriebssystems übernimmt dabei nicht das Prüfungssystem. Sie muss in diesem Fall durch Lehrende oder Administratoren erfolgen.

4 Basis-Betriebssystem und lokale Kursumgebungen

Das notwendige robuste Umfeld für den Lehrpool- und E-Klausuren-Betrieb wird durch eine zentrale Infrastruktur mit Grundsystemadministration geliefert (Abb. 1). Die technische Plattform aus netzbootendem Linux und darauf aufsetzender Virtualisierung schlägt hierzu einen dritten Weg zwischen klassischem Betriebssystem-Deployment sowie Remote-Desktop und Fat Server-Installationen ein [SvSS⁺ 11, vSMH⁺ 14]. Die Clients booten über das Netz ein vollständiges Linux-Betriebssystem, welches dem Benutzer die notwendige Plattform zur Auswahl der gewünschten Arbeitsumgebung, Konfiguration und den Start der virtuellen Maschine bereitstellt. In einer optionalen, erweiterten Version ist zudem ein vollständig lokales Arbeiten auf Linux-Desktop-GUIs implementiert. Da keinerlei lokale Installation auf den einzelnen Clients erfolgt, kann die Maschine in den eingangs geforderten Modi⁵ mit Umschaltzeiten von unter einer Minute betrieben werden. Während des Betriebs werden alle vom Nutzer tatsächlich benötigten Blöcke der gelesenen Dateien übertragen, jedoch nicht zwingend der Inhalt einer vollständigen Installation. Jedem Nutzer steht exklusiv seine Maschine zur Verfügung. Speicher- und ressourcenhungrige Prozesse einzelner Nutzer behindern sich im Gegensatz zu klassischen Terminalserverlösungen nicht.

bwLehrpool setzt als zentrales Konzept auf Virtuelle Maschinen (VMs) im Desktopbetrieb. Die Grundidee ist zum einen die Verschiebung der AU-Administration hin zu Experten – den Lehrenden, zum anderen die Abstraktion der jeweils konkreten Arbeitsplatz-Hardware, um Orts- bzw. Rechnerunabhängigkeit zu erreichen (Abb. 1). Die VMs werden als einfache Stand-Alone-Installationen ohne aufwändige Einbindung in die jeweiligen lokalen Infrastrukturen aufgesetzt. Hierfür definiert bwLehrpool einheitliche Schnittstellen zwischen Host- und Gastsystemen.

Die Problematik der abstrakten Anbindung bestimmter Ressourcen wie Netzwerk-Proxies oder Lizenzserver kann durch eine geeignete IP-Umsetzung erreicht werden. Gleichzeitig wird eine einheitliche virtuelle Hardware per Gastbetriebssystem festgelegt. Alle diese Festlegungen sorgen dafür, dass Images über Pool- und Hochschulgrenzen austauschbar bleiben und keine lokale Konfigurationen enthalten müssen. Das erlaubt zudem, dass Studierende Images, soweit es die entsprechenden Software-Lizenzen zulassen, ohne Probleme auf ihren privaten Rechnern einsetzen können. Sie haben somit die Möglichkeit, ortsunabhängig Kursaufgaben weiterzubearbeiten.

³ Ein Beispiel für solch ein System ist der Safe Exam Browser <http://www.safeexambrowser.org>

⁴ Siehe beispielsweise <http://www.lplus.de>

⁵ Lokale Installation, verschiedene Arbeitsumgebungen Linux Desktop, Test-Center Node

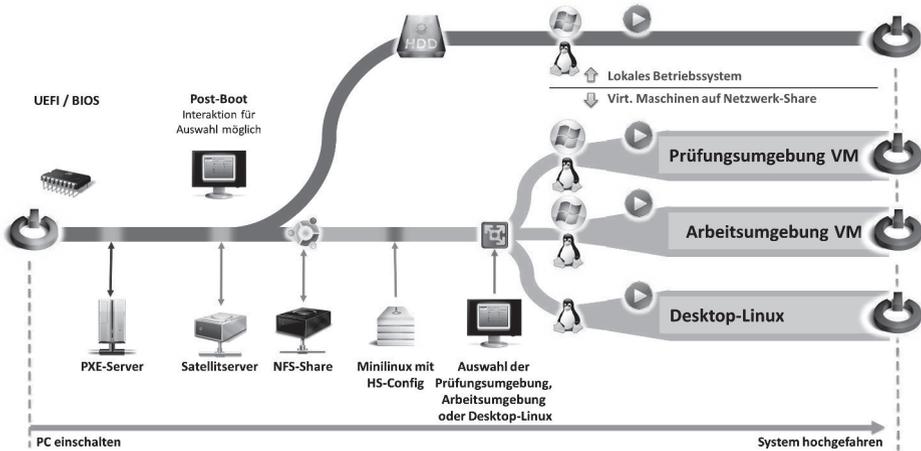


Abbildung 2: Ablauf des Bootvorgangs auf einem flexibel mit bwLehrpool genutzten Pool-Client mit den verschiedenen am Ende erreichbaren Betriebszuständen.

Da sämtliche AUs nicht persistent sind und somit bei jedem Neustart einer AU stets der gleiche Zustand vorliegt, können Viren oder Defekte infolge fahrlässigen oder fehlerhaften Verhaltens der Benutzer nach einem Neustart ausgeschlossen werden. Ein weiterer grosser Vorteil dieses Zentralisierungsansatzes besteht in der einfachen und effizienten Propagierung von Updates und Korrekturen. Das gleiche gilt für die AUs in den zentralen und hochschulspezifischen VM-Pools, da Lehrende durch das dortige Abspeichern einer überarbeiteten Version schnell und einfach AUs veröffentlichen können.

Der Ansatz bringt jedoch Einschränkungen mit sich. So muss beispielsweise auf die Nutzung von Profilfunktionen und Gruppenrichtlinien in Windows-Umgebungen oder auf Mechanismen zur komplexen Softwareverteilung verzichtet werden. Diese Einschränkungen fallen im angestrebten Anwendungsfeld jedoch kaum ins Gewicht. Sie sorgen im Gegenteil dafür, dass die zunehmende Komplexität moderner Umgebungen wieder auf das Notwendige reduziert werden kann.

4.1 Umgebungsauswahl durch Studierende

Die bwLehrpool-Lösung erlaubt Lehrenden und Studierenden mit passender Berechtigung, verschiedene AUs mit Hilfe eines eigens hierfür programmierten Auswahlprogrammes (vmChooser) zu starten. Die Auswahl erfolgt anhand verschiedener Parameter, die während der Erstellung oder Bearbeitung der AUs festgelegt werden können. So kann zum Beispiel anhand des angemeldeten Benutzers in Kombination mit dessen Berechtigungen nach der Uhrzeit, der Fakultätszugehörigkeit, dem Standort des Rechners, dem Betriebssystem oder den installierten Softwarepaketen gefiltert werden. Hierzu wird unmittelbar nach dem Einschalten eines PCs das linuxbasierte Basisbetriebssystem von einem zen-

tralen PXE-Boot Server geladen, welches anschliessend alle Aufgaben der Integration in die jeweilige IT-Infrastruktur übernimmt und eine Plattform für den Start verschiedener Virtualisierungsumgebungen bereitstellt. Mit Hilfe dieser Hypervisoren wird die vom Benutzer gewählte Arbeitsumgebung gestartet.

Durch die Nicht-Persistenz der AUs muss den Anwendern eine dauerhafte Speicherung ihrer persönlichen Daten an anderer Stelle ermöglicht werden. Ein potentieller Speicherort könnte deren hochschulweit verfügbare Homeverzeichnis sein, welche vom Hostsystem an die AU durchpropagiert werden können. Somit können Anwender zeit-, rechner- sowie ortsunabhängig nach einem Neustart oder AU-Wechsel auf die eigenen persistenten Daten zugreifen.

4.2 Erstellung von Arbeitsumgebungen

Die inhaltliche Zusammenstellung ihrer Kurs- oder allgemeinen Maschineninhalte obliegt den Lehrenden oder lokalen Administratoren. Um diese optimal bei dieser Aufgabe zu unterstützen, werden diesen fertige AU-Vorlagen (Basisbetriebssystem, diverse Softwarepakete sowie initiale Konfigurationen), zur Verfügung gestellt. Aus Sicht der Lehrenden verhalten sich die VMs so, wie sie es von ihren privaten Maschinen gewohnt sind. Sie als Experten der Spezialsoftware können die ihnen geläufigen Installationsroutinen der Softwarepakete nutzen, ohne auf spezielle Netzwerkinstallationen oder komplexe Policies innerhalb der Hochschulinfrastruktur achten zu müssen. Selbst wenn Lehrende privilegierten Zugriff auf bestimmte Betriebssystemressourcen anfordern – in heutigen PC-Pools fast nicht realisierbar – stellt dies durch die Kapselung der AUs kein allgemeines Risiko für den Poolbetrieb dar.

Diese Abstraktion der Administration bedeutet für Lehrende (und lokale Administratoren) erhebliche Freiheiten, da sie sich auf ihre Kernkompetenz fokussieren und nun vollkommen unabhängig entscheiden können, welche Softwarekomponenten in welchen Versionen sie innerhalb ihrer AU einsetzen wollen. Zusätzlich können sie bei Bedarf schnell und eigenverantwortlich Images verändern und online stellen, ohne auf die aktuelle Belegung der PC-Pools achten zu müssen. Das schafft zum einen schnelle Lösungszeiten für die Bereitstellung neuer oder aktualisierter Umgebungen, zum anderen entlastet es die Mitarbeiter der Rechenzentren. Die bisher meist ineffizienten Schnittstellen zwischen Lehrenden und Rechenzentrum werden deutlich klarer und einfacher. Die Planung der Wartungsfenster in den PC-Pools wird leichter, und das Einspielen neuer Software und Patches kann ohne gegenseitige Behinderungen zu normalen Arbeitszeiten erfolgen.

4.3 Erstellung und Durchführung von E-Klausuren

Für die Durchführung von E-Klausuren kann ein Dozent ein passgenaues Image des Betriebssystems seiner Wahl für die Prüfung vorbereiten, auf dem nur die für die Klausur relevanten Anwendungen und Daten installiert sind. Die Lehrenden sind bei der Erstel-

lung der Prüfung somit nicht wie bei LMS oder speziellen Prüfungssystemen darauf limitiert, Fragetypen wie Multiple Choice, Drag & Drop, Lückentexte zu verwenden, sondern können authentische Aufgaben erstellen, die dann in der Regel nicht automatisch auswertbar sind. Der primäre Fokus von bwLehrpool ist nicht, dass Aufgaben automatisch durch das System geprüft werden können, sondern dass Dozenten realitätsnahe Aufgaben stellen können und größtmögliche Flexibilität bei den dabei eingesetzten IT-Anwendungen haben. Eine automatische (Vor-)Korrektur der Abgaben kann je nach Thema durch weitere Anwendungen erfolgen. So ist es in der Informatik üblich die Abgaben der Studierenden gegen vordefinierte Unit-Tests automatisch zu prüfen. Da das Klausursystem nur Programme enthält, die für die Klausur genutzt werden dürfen, ist es nicht notwendig, Systemfunktionen wie das Umschalten zwischen Programmen oder das Starten von neuen Prozessen zu deaktivieren. Dies ist ein Vorteil gegenüber anderen Ansätzen, bei denen eine Zusatzanwendung das Prüfungssystem in einen Kioskmodus versetzt und Systemfunktionen überwachen sowie unterbinden muss.⁶

Auch zur grundlegenden Absicherung und für das Monitoring bei der Durchführung von E-Klausuren ist keine Installation zusätzlicher Softwarekomponenten oder eine komplexe Konfiguration des Klausur-Betriebssystems mehr notwendig, da dies durch OpenSLX erfolgen wird. So ist beispielsweise die Einschränkung des Zugriffs auf IP-Adressen in unterschiedlichen Betriebssystemvarianten nicht einfach und einheitlich zu organisieren. Hier soll zukünftig OpenSLX (1. Schicht) beim Starten eines Images des Typs E-Klausur, den Studierenden den Zugriff nur auf IP-Adressen ermöglichen, die Lehrende vorher bei der Konfiguration des Images in bwLehrpool spezifiziert hat. Ebenso soll perung bzw. auch Freigabe, so notwendig, von Netzlaufwerken, DVD-Laufwerken und USB-Ports, über die auf nicht-erlaubte Hilfsmittel während der Prüfung zugegriffen werden könnte, durch das Grundsystem erfolgen. Während der Prüfung muss ausgeschlossen werden, dass Teilnehmende das Klausursystem abschalten, über vmChooser ein anderes Image starten, das beispielsweise keine IP-Beschränkung enthält, um danach wieder in das eigentliche Klausursystem zu wechseln und die recherchierte Lösung einzugeben. Sobald ein System abgeschaltet oder gestartet wird, sollen Lehrende darüber benachrichtigt werden.

Studierende erstellen bei Klausuren, die authentische Werkzeuge wie CAD-Anwendungen oder Programmierumgebungen wie Eclipse nutzen, in der Regel mehrere Dateien, die gegen Ende der Klausur abgegeben werden müssen. Grundsätzlich kann hierzu ein LMS genutzt werden, wozu die Prüfungsteilnehmer jedoch zuerst ihr Ergebnis zu einem Archiv zusammenfassen und dann im LMS speichern können. Für diese Variante wäre es auch notwendig, dass ein LMS speziell für Klausuren zur Verfügung steht, in dem die Prüfungsteilnehmer keinen Zugriff auf andere LMS-Kurse haben und Kommunikationsmedien wie beispielsweise Chat zwischen den Studierenden deaktiviert sind. Neben diesen technischen Anforderungen stellt diese Variante für die Studierenden auch einen zusätzlichen zeitlichen Aufwand und Stressfaktor gegen Ende der Klausuren dar. Effizienter und für Studierende einfacher ist es, wenn jedem OpenSLX-Client ein dediziertes Verzeichnis in einem Netzlaufwerk speziell für die Klausur zur Verfügung gestellt wird und Teilnehmende der Prüfung ihre Ergebnisse wie gewohnt darin speichern können.

⁶ Siehe beispielsweise bei Safe Exam Browser http://www.safeexambrowser.org/about_overview_de.html

5 Evaluation

bwLehrpool befindet sich derzeit an den vier ursprünglichen Standorten, der Universität Freiburg, den Hochschulen Offenburg und Reutlingen sowie dem Institut für Softwaretechnik am KIT produktiv im Einsatz. An den Hochschulen Heilbronn und Aalen wird auf eine zügige Produktivstellung hingearbeitet und an weiteren Hochschulen in Baden-Württembergs läuft ein Testbetrieb. Die Erprobung stellt sich durch die Nichtverknüpfung mit der lokalen Hardware als einfach heraus. Das Risiko hierbei bleibt minimal, da der PXE-Bootservers bei Problemfällen innerhalb weniger Minute wieder auf die bisherige Umgebung umgeschaltet werden kann. Die Startzeiten in angeschlossenen Pools sind bei Netzwerkanbindungen von 10 Gbit/s des Servers und 1 Gbit/s für die Clients sehr performant und sind mit denen von der lokalen Festplatte vergleichbar.

Es hat sich gezeigt, dass eine hochschulweite Einführung auf einen Schlag kaum möglich ist, sondern eine inkrementelle Vorgehensweise sich bewährt hat. Der Grund hierfür ist, dass bwLehrpool eine neue Kultur an den Hochschulen erfordert. Während auf den ersten Blick die Abstraktion der Administration und die Neuverteilung der Aufgaben den Lehrenden scheinbar mehr Aufwand zumutet, relativiert sich der Eindruck im Tagesgeschäft. An den verschiedenen Standorten zeigte sich, dass Lehrende schnell die aufgezeigten Mehrwerte und neuen Freiheiten erkennen wie Raumunabhängigkeit, schnelle Anpassung der Kursinhalte in Eigenregie und Integration komplexer Systemumgebungen. So sind beispielsweise an der Hochschule Offenburg in den ersten zweieinhalb Jahren seit Einführung bereits ca. 45 Arbeitsumgebungen entstanden. Einige AUs werden kooperativ von mehreren Lehrenden genutzt. Diese sind bereits so begeistert, dass sie nach neuen Funktionen fragen und neue Ideen für Einsatzbereiche wie Schulkooperationen, Wettbewerbe oder Firmenvorträge haben.

Bisher orientiert sich das Projekt an einer einheitlichen, zentralen Administration, die alle Clients gleichbehandelt und keine zeitlichen oder räumlichen Sonderbehandlungen vorsieht. Es zeigt sich, dass ein kleinteiligerer Eingriff in den Boot-Ablauf von Clientgruppen möglich sein sollte, um beispielsweise die Nutzung als Test-Center für E-Klausuren zu erlauben. Klausuren finden üblicherweise zu festgelegten Zeiten (außerhalb des Semesterbetriebs) statt, zu denen dann die Maschinen in einen entsprechenden Modus passend zum E-Klausurentyp gebootet sein müssen. Bestimmte Virtuelle Maschinen sollten darüberhinaus automatisch gestartet werden, eine E-Klausurensteuerung (z.B. Einschränkung des Netzwerks) sollte automatisch aktiviert oder Concurrent User-Lizenzen könnten frühzeitig für einen Poolraum reserviert werden. Die Umsetzung dieser Anforderungen steht noch aus.

5.1 Einsatz für Spezialklausuren

An der Hochschule Offenburg wurden mit bwLehrpool bereits mehrere E-Klausuren vorbereitet und mit mehreren hundert Teilnehmern durchgeführt. Dabei handelte es sich um Klausuren und Zwischentests zu Vorlesungen im Fach Informatik, bei denen insbesondere Kenntnisse im Bereich der Programmierung geprüft wurden. Im Vergleich zu papierba-

sierten Prüfungen konnten in den E-Klausuren Aufgaben gestellt werden, die bereits verschiedene Java-Klassen und Pakete enthielten, die durch die Prüfungsteilnehmer ergänzt werden mussten. Die Aufgaben können dadurch deutlich realitätsnäher gestellt werden. Jedoch sind diese häufig komplexer und es muss mehr Zeit für die Lösung der Aufgaben eingeplant werden. Die Studierenden kennen solche Aufgaben bereits aus den Übungen und bei der Erstellung der Lösungen werden sie durch die Programmierumgebung, in diesem Fall Eclipse, mit Code-Versollständigung, Durchführung von Unit-Tests und natürlich durch das Kompilieren und Ausführen des Programms unterstützt, was bei papierbasierten Klausuren nicht möglich ist. Die Abgabe der Lösungen musste noch durch den Upload des Projektarchivs in einem LMS erfolgen. Dies war auch ein Kritikpunkt der Klausurteilnehmer, da das Exportieren als Archiv und der Upload zusätzlicher Zeit bedarf, gerade wenn man auch Zwischenergebnisse in dem LMS speichern möchte. Die Bereitstellung personalisierter Netzlaufwerke speziell für Klausuren stellt eine mögliche Lösung des Problems dar. Des Weiteren wurde für die SAP TERP10 Zertifizierungsprüfung das Grundsystem über OpenSLX vorbereitet und bereitgestellt. Die eigentliche Prüfung läuft über einen zentralen Prüfungsserver der SAP. An die Clients werden jedoch spezielle Anforderungen gestellt, damit diese sich mit dem Prüfungsserver verbinden können. Die Vorbereitung und Verteilung des Client-Systems für Prüfungen mit bwLehrpool ist im Vergleich zu vorhergehenden Prüfungsdurchführungen sehr einfach geworden. So kann das Prüfungssystem vom Dozenten selbst vorbereitet und raumunabhängig verteilt werden.

6 Fazit und Ausblick

bwLehrpool soll im weiteren Projektverlauf⁷ einem regelmäßigen Optimierungsprozess unterliegen. Hierzu muss insbesondere zum breiten Einsatz für E-Klausuren ein umfassendes Monitoring und Reporting aufgebaut, sowie passende Kennzahlen und deren Messverfahren entwickelt werden. Nur so können Engpässe beispielsweise im Netzwerk oder auf Serverseite erkannt und verbessert werden. Gleichzeitig sind diese Daten für den Second-Level-Support bei der Behebung von Problem-Tickets als auch für die Durchführung und Planung von Changes relevant. Statistiken und Berichte aus erfassten Kennzahlen werden für strategische Weiterentwicklungen und Entscheidungen wie Investitionen in neue Hardware benötigt. Anonymisierte Daten aus dem Monitoring können als Input für das Benutzer-Routing genutzt werden, um auf volle beziehungsweise leere Pools hinzuweisen.⁸

⁷ Das vom Wissenschaftsministerium Baden-Württemberg geförderte bwLehrpool wird im Folgeprojekt bwE-Klausuren weitergeführt. Ein Ziel zum Ende der Projektlaufzeit ist die Verfügbarkeit an einem wesentlichen Teil der Landeshochschulen und Universitäten.

⁸ Für Studierende, die am jeweiligen Campus oder Standort verfügbare Arbeitsplätze suchen.

Literaturverzeichnis

- [CCC⁺12] Aniello Castiglione, Giuseppe Cattaneo, Luigi Catuogno, Ezio Cerrelli, Carlo Di Giampaolo, Fulvio Marino und Rodolfo Rotondo. Virtual lab: A concrete experience in building multi-purpose virtualized labs for Computer Science Education. In *Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2012 20th International Conference on*, Seiten 1–5. IEEE, 2012.
- [DOMM13] Vitor Chaves De Oliveira, Alexandre De Assis Mota und Lia Toledo Moreira Mota. Impacts of application usage and local hardware on the throughput of computer networks with desktop virtualization. *American Journal of Applied Sciences*, 10(1):117–122, 2013.
- [Lun09] Dale L Lunsford. Virtualization technologies in information systems education. *Journal of Information Systems Education*, 20(3):339–348, 2009.
- [MSNY05] Hideo Masuda, Akinori Saitoh, Michio Nakanishi und Seigo Yasutome. Diskless linux system with unionfs for an educational computer center. In *Proceedings of the 33rd annual ACM SIGUCCS fall conference*, Seiten 207–210. ACM, 2005.
- [Sol11] José Soler. Virtualization-support cases in engineering education. In *Engineering Education (ICEED), 2011 3rd International Congress on*, Seiten 1–3. IEEE, 2011.
- [SvSJS14] Sebastian Schmelzer, Dirk von Suchodoletz, Michael Janczyk und Gerhard Schneider. Flexible Cluster Node Provisioning in a Distributed Environment. *Hochleistungsrechnen in Baden-Wuerttemberg-Ausgewaehlte Aktivitaeten im bwGRiD 2012: Beitraege zu Anwenderprojekten und Infrastruktur im bwGRiD im Jahr 2012*, Seite 203, 2014.
- [SvSS⁺11] Sebastian Schmelzer, Dirk von Suchodoletz, Gerhard Schneider, Daniel Weingaertner, Luis Carlos Erpen De Bona und Carlos Carvalho. Universal remote boot and administration service. In *Network Operations and Management Symposium (LANOMS), 2011 7th Latin American*, Seiten 1–6. IEEE, 2011.
- [vSMH⁺14] Dirk von Suchodoletz, Jan Münchenberg, Wolfgang Honigberger, Simon Rettberg, Michael Wilson und Markus Lohr. bwLehrpool–ein landesweiter Dienst für die Bereitstellung von PC-Pools in virtualisierter Umgebung für Lehre und Forschung. *PIK-Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 37(1):33–40, 2014.