

E-ASSESSMENT-CENTER IM VERGLEICH

Titel: Voraussetzungen und Kosten für die Einrichtung verschiedener E-Assessment-Center im Vergleich

Auftraggeber: Technische Universität Dresden, Medienzentrum

Auftragnehmer: Alexander Schulz, Berlin

Bearbeiter: Jana Riedel

Datum: Berlin, 28.01.2017



E-Assessment-Center im Vergleich von Alexander Schulz für Medienzentrum TU Dresden ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	4
2.	Grundlagen	5
2.1.	Begriffliche Eingrenzung.....	5
2.2.	Rechtlicher Rahmen	6
2.2.1.	Prüfungsrecht	6
2.2.2.	Datenschutzrecht.....	7
2.2.3.	Versammlungsstättenverordnung.....	7
2.3.	Bauplanerische und raumtechnische Voraussetzungen	8
2.3.1.	Einbruch und Diebstahlsicherung.....	8
2.3.2.	Klimatisierung und Belüftung.....	8
2.3.3.	Verdunklung und Beleuchtung	9
2.3.4.	Akustik und Schallschutz	9
2.3.5.	Netzwerkanbindung und Stromversorgung.....	9
2.3.6.	Inklusion von behinderten Prüfungsteilnehmenden.....	10
2.3.7.	Anordnung der Prüfungsplätze und Verhinderung von Betrug	11
2.3.8.	Ein-, Aus- und Notausgänge.....	12
2.3.9.	Administrative Bereiche	12
2.3.10.	Warte- und Anmeldebereiche für Teilnehmende	12
2.3.11.	Garderobenbereiche	12
2.3.12.	Sanitäre Einrichtungen	13
2.4.	IT- und medientechnische Bedingungen	13
2.4.1.	Server	13
2.4.2.	Prüfungs-Clients.....	15
2.4.3.	Prüfungssoftwarelösung.....	15
2.4.4.	Anlagensteuerung der Prüfungs-Clients	18
3.	Raumszenarien für E-Assessments	19
3.1.	Genuines E-Assessment-Center.....	19
3.1.1.	Beschreibung	19
3.1.2.	Umsetzbare Prüfungstypen	19
3.1.3.	Vorteile.....	20
3.1.4.	Nachteile	20
3.1.5.	Umsetzungsbeispiele.....	20
3.1.6.	Grobschätzung initialer Investitionskosten und Folgeinvestitionen... ..	20
3.1.7.	Dauerhafte personelle Ressourcen	20
3.2.	E-Assessment in PC-Pools	21
3.2.1.	Beschreibung	21

3.2.2.	Umsetzbare Prüfungstypen	21
3.2.3.	Vorteile.....	21
3.2.4.	Nachteile	22
3.2.5.	Umsetzungsbeispiele.....	22
3.2.6.	Grobschätzung initialer Investitionskosten und Folgeinvestitionen...	22
3.3.	Temporäres E-Assessment-Center.....	23
3.3.1.	Beschreibung	23
3.3.2.	Umsetzbare Prüfungstypen	24
3.3.3.	Vorteile.....	24
3.3.4.	Nachteile	24
3.3.5.	Umsetzungsbeispiele.....	25
3.3.6.	Grobschätzung der Investitionskosten.....	25
3.3.7.	Dauerhafte personelle Ressourcen	26
4.	Zusammenfassung und Bewertung.....	27
4.1.	rechtliche Grundlagen.....	27
4.2.	bauplanerische und raumtechnische Voraussetzungen.....	28
4.3.	IT- und medientechnische Bedingungen	29
4.4.	Raumszenarien für E-Assessments.....	30
4.5.	Fazit	32
5.	Literaturverzeichnis.....	32

1. EINLEITUNG

Spätestens seit der Umsetzung der Bologna-Reform ab Mitte der 2000er Jahre halten computergestützte Semesterabschlussprüfungen (sog. E-Examinations) in technisch unterschiedlich deklinierten Varianten Einzug in die deutschsprachige Hochschullehre. Obgleich zunächst der Fokus auf der Effizienzsteigerung des gesamten Prüfungsdurchführungsprozesses und somit der Zeitersparnis für die Lehrenden¹ lag, gewinnt seit Beginn der 2010er Jahre auch die Frage nach der Verbesserung der Effektivität – also den Möglichkeiten zur didaktischen Sicherung der Prüfungsqualität² – an Gewicht.

Im deutschsprachigen Raum ist ablesbar, dass immer mehr Hochschulleitungen³ die vielfältigen Potenziale computergestützter Prüfungen auf beiden Themenfeldern – Effizienz und Effektivität – nutzbar machen wollen. Zur Verbesserung und Modernisierung der Lehre wird die Computerisierung des Prüfungswesens immer häufiger als strategischer Baustein in die zentrale Change-Management-Strategie der jeweiligen Hochschule² integriert.

Wie bereits bei der Integration von E-Learning-Instrumenten in die Lehre Anfang der 2000er Jahre beauftragen Hochschulleitungen auch bei der Umsetzung der Strategie für computergestützte Prüfungen oftmals zentrale administrative Hochschuleinrichtungen und überlassen dies den Lehrenden in der Regel nicht selbst.

Diese zentrale Organisation hat folgende Vorteile: erstens betrifft das Computerisieren des Prüfungswesens ein breites Spektrum an transdisziplinär zu lösenden Themen (Technik, Logistik, Prüfungsdidaktik), zweitens weisen summative Semesterabschlussprüfungen qua potenzieller Einschränkung der Berufswahl bei wiederholtem Nichtbestehen ein hohes *rechtliches* Gewicht auf und drittens erhöht eine zentrale Steuerung durch eine darauf spezialisierte Hochschuleinrichtung die Geschwindigkeit des Migrationsprozesses massiv.

Wie andere Change-Management-Strategien kommt auch die Computerisierung des Prüfungswesens nicht ohne Investitionen aus. Der vorliegende komparative Artikel versteht sich daher als ein Überblick, auf dessen Grundlage Entscheidungstragende einschätzen können, welcher Weg zur Computerisierung des Prüfungswesens der für ihre Hochschule geeignete sein kann.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Beitrags ist die Frage nach den technisch-logistischen also infrastrukturellen Voraussetzungen und den damit verbundenen einmaligen und dauerhaften Aufwendungen, die bei einer strategischen Computerisierung des Prüfungswesens anfallen. Das Thema der sich ergebenden Möglichkeit der Umsetzung einer qualitätssichernden Prüfungsdidaktik wird ebenfalls angesprochen, jedoch aus Gründen des Umfangs des Beitrags an den betreffenden Stellen nur grob skizziert.

Der Beitrag gliedert sich in drei Teile. In Abschnitt 2. werden zunächst begriffliche, rechtliche, bauplanerische und raumtechnische Grundlagen für computergestützte

¹ Vgl. Schulz und Apostolopoulos 2011

² Vgl. Bücking 2014, Wollersheim 2015

³ Zu den bekanntesten deutschsprachigen Hochschulen, die computergestützte Prüfungen massenhaft durchführen, gehören: Freie Universität Berlin, Universität Bremen, Universität Duisburg-Essen, Universität Wuppertal, Universität Mainz, Universität Frankfurt/Main, Universität Münster, Universität Göttingen, Medizinische Hochschule Hannover, Charité Berlin und ETH-Zürich.

Prüfungen beschrieben, die dann als Grundlagen für die Beschreibung der Raumszenarien für computergestützte Prüfungen im folgenden Abschnitt dienen.

Unterschieden und auf ihre Vor- und Nachteile hin untersucht werden in Abschnitt 3. folgende Raumszenarien. Erstens: das genuine E-Assessment-Center, das nur für computergestützte Prüfungen verwendet wird; zweitens E-Assessment in PC-Pools, die neben computergestützten Prüfungen auch für anderen Nutzungsszenarien (z. B. PC-Pool-Betrieb, Schulungen) eingesetzt werden und drittens temporäre E-Assessment-Center, die temporär entweder stationär für einen bestimmten Prüfungszeitraum errichtet werden oder on-demand kurzfristig in Hörsälen und Seminarräumen eingerichtet werden können.

In Abschnitt 4. findet sich eine verkürzte Darstellung und Bewertung der Ergebnisse der verschiedenen Raumszenarien des vorangegangenen Abschnitts. Abschnitt 4. soll an dieser Stelle auch als verkürzte Management-Summary fungieren.

2. GRUNDLAGEN

2.1. BEGRIFFLICHE EINGRENZUNG

In der deutsch- und englischsprachigen Literatur zu computergestützten Prüfungen findet sich häufig eine eher indifferente Verwendung von Begriffen wie „E-Assessment“, „E-Examination“, „Online-Assessment“, „E-Prüfung“ oder „E-Klausur“. Inhaltlich ist meist jedoch Ähnliches gemeint: nämlich dass vormals schriftliche Prüfungen nun am Computer durchgeführt werden und dieser dabei als Eingabewerkzeug zum Einsatz kommt.

Diese begriffliche Eingrenzung kommt auch der Definition des britischen Joint Information Systems Committee (JISC) von „E-Assessments“ recht nah:

“E-Assessment is the end-to-end electronic assessment processes where ICT is used for the presentation of assessment activity, and the recording of responses. This includes the end-to-end assessment process from the perspective of learners, tutors, learning establishments, awarding bodies and regulators, and the general public.” (o. V. 2007, S. 6)

Im Rahmen der Migration von schriftlichen zu computergestützten Prüfungen wurden in den 2000er Jahren zunächst die Migration von summativen Semesterabschlussprüfungen fokussiert, da dies die am häufigsten durchgeführte Prüfungsform in den Hochschulen ist und die Bewertung dieser Prüfungsform viel Zeit für Lehrende in Anspruch nimmt. Aufgrund ihrer rechtlichen Besonderheiten (vgl. Abschnitt 2.2.1) bedarf es bei computergestützten summativen Semesterabschlussprüfungen einer aufwändigen technischen Konfiguration. Erst im zweiten Schritt wurden dann ab den 2010er Jahren verstärkt auch formative Prüfungen (z. B. Progresstests der Humanmedizin) oder diagnostische Prüfungen zur Ermittlung des Basiskennntnisstands (z. B. C-Tests bei Bewerbenden für Sprachstudiengänge) computergestützt migriert.

Auf dieser Grundlage wird der Begriff „E-Assessment“ im vorliegenden Artikel als generischer Überbegriff für computergestützt durchgeführte diagnostische, formative und summative Prüfungen⁴ verwendet. Qua rechtlicher und somit technisch umzusetzender Besonderheiten von computergestützt durchgeführten summativen Prüfungen wird für diese der Begriff „E-Examinations“ verwendet.

⁴ Vgl. Crisp 2007, S. 39

2.2. RECHTLICHER RAHMEN

Rechtliche Einschätzungen von Nicht-Juristen wie dem Autor des vorliegenden Artikels sind a priori mit gewissen Einschränkungen zu betrachten. Als Empfehlung gilt daher, dass im Bereich des Prüfungsrechts am besten spezialisierte Juristen auf eine Einschätzung hin befragt werden sollten. Im Folgenden wird deshalb der rechtliche Rahmen von E-Assessments nur vorsichtig skizziert.

Um E-Assessments nach gegenwärtigem Stand belastbar rechtssicher durchführen zu können, müssen mindestens die folgenden vier rechtlichen Grundbedingungen in administrative, technische und infrastrukturelle Regelungen und Konfigurationen übersetzt werden: erstens die Chancengleichheit der Teilnehmenden in der jeweiligen Prüfungssituation. Daraus resultiert zweitens, dass es einer *normativen* Grundlage bedarf, um E-Assessments überhaupt durchführen zu können, drittens den Datenschutz der Stamm- und Bewegungsdaten der Prüfungsteilnehmenden und viertens die baulichen Bedingungen eines Prüfungsraums, die eingehalten werden müssen, um gesundheitlichen Schaden von Teilnehmenden im Gefahrenfall abwenden zu können.

Für diagnostische und formative Prüfungen gilt, dass bei diesen didaktische Aspekte im Vordergrund stehen und somit im Vergleich zu summativen Prüfungen geringere Anforderungen an die rechtlichen Rahmenbedingungen gestellt werden. Dies liegt daran, dass bei diesen Prüfungen das Messen des aktuellen Wissensstands darauf abzielt, weitere Lernaktivitäten planen, steuern und motivieren zu können. Mit der Messung des erreichten Wissensstands in summativen Prüfungen wird demgegenüber beabsichtigt, eine zertifizierende Bewertung vorzunehmen.

2.2.1. Prüfungsrecht

Für klassisch schriftlich durchgeführte summative Prüfungen und E-Examinations müssen deswegen prüfungsrechtliche Bedingungen eingehalten werden, da sie ein hohes rechtliches Gewicht für den weiteren Werdegang der Prüfungsteilnehmenden entfalten, denn

„(..) Prüfungen, die den Nachweis erworbener Kenntnisse und Fähigkeiten für die Aufnahme eines Berufs erbringen sollen, greifen in die *Freiheit der Berufswahl* ein (..).“ (Niehues et al. 2014, S. 1, Hervorh. n. i. O.)

Zu den grundlegenden Rechtspositionen, die die Teilnehmenden bei summativen Prüfungen betreffen und sich daraus folgend in den jeweiligen Prüfungsbedingungen spiegeln müssen, gehören somit:

- Art. 3 Abs. 1 GG: Chancengleichheit
- Art. 12 Abs. 1 GG: Berufsfreiheit

Es muss gewährleistet sein, dass die Prüfungsfähigkeit der Teilnehmenden nicht durch einen *Mangel der Prüfungsbedingungen*⁵ (z. B. Lärm, Hitze oder Kälte) eingeschränkt wird, weil dies den Grundsatz der Chancengleichheit⁶ verletzen würde.

⁵ Vgl. Niehues et al. 2014, S. 481

⁶ Der Grundsatz der Chancengleichheit dürfte im Übrigen auch betroffen sein, wenn Clients wie z.B. Bring-Your-Own-Devices (BYOD) eingesetzt werden, die technisch unterschiedlich ausgestattet sind (z. B. hins. Bildschirmgrößen, Geschwindigkeiten der CPU und der Grafikkarte). Eine weitere prüfungsrechtliche Problematik ergibt sich daraus, dass Prüfungsteilnehmende bei BYOD-Szenarien exklusiv technisch-administrativen Konfigurationszugriff auf das Prüfungsgerät haben (vgl. S. 25 und Dawson 2016) und sich deshalb keine ausreichende technische Betrugssicherheit erreichen lässt.

Daraus ergibt sich, die Frage, ob E-Examinations schriftliche Prüfungen substituieren können. Niehus et al. (2014) beantworten diese Frage eindeutig:

„Eine ausschließlich elektronische Präsenzprüfung, bei der die Prüfungsfragen im Computerbildschirm angezeigt werden und die Antworten sogleich an diesem ‚stationären‘ Computer eingegeben werden, der Computer also nicht bloß als ‚Schreibmaschinenersatz‘ genutzt wird, ist in diesem Zusammenhang *nicht als eine Art schriftliche Prüfung* zu verstehen, sondern muss angesichts ihrer technischen Besonderheiten und mannigfacher Unsicherheiten hinsichtlich der Authentizität des Urhebers als eine neuartige Form der Leistungsermittlung angesehen werden; sie benötigt daher eine *ausdrückliche normative Grundlage*. Sofern eine derartige normative Grundlage - etwa in der Prüfungsordnung - vorliegt, bestehen jedoch (..) keine Bedenken dagegen, dass elektronische Prüfungen angeboten werden.“ (Niehus et al. 2014, S. 13, Hervorh. n. i. O.)

Da sich in vielen Prüfungsordnungen die Formulierung „schriftliche Klausur“ findet, muss die von Niehus et al. geforderte normative Grundlage in den Prüfungsordnungen der jeweiligen Studiengänge und oder in der fachbereichsübergreifenden allgemeinen Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule⁷ hergestellt werden.

2.2.2. Datenschutzrecht

Bei allen Formen von E-Assessments wird qua Speicherung und Verarbeitung personenbezogener Daten in der Prüfungsplattform als elektronischer Datenverarbeitungsanlage in das Grundrecht der Prüfungsteilnehmenden auf informationelle Selbstbestimmung eingegriffen⁸. Zu den personenbezogenen Daten gehören Stammdaten und Bewegungsdaten. Namen, Vornamen und Matrikelnummern der Teilnehmenden werden als Stammdaten bezeichnet. Diesen Stammdaten werden wiederum Bewegungsdaten zugeordnet. Bei E-Assessments sind die Bewegungsdaten die Antworten der Teilnehmenden, die zugeordneten Punkte und die am Ende vergebene Note. Diese Daten sind besonders schützenswürdig. Grundlage für den Schutz ist das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG). In §1 Abs. 1 heißt es:

„Zweck dieses Gesetzes ist es, den Einzelnen davor zu schützen, dass er durch den Umgang mit seinen personenbezogenen Daten in seinem Persönlichkeitsrecht beeinträchtigt wird.“ (Bundestag 14.01.2003)

Eine sichere Möglichkeit, die personenbezogenen Daten von Teilnehmenden bei E-Assessments zu schützen, wäre z. B., dass die eingesetzte Prüfungssoftware nur einem ausgewählten Nutzerkreis (den Prüfungen durchführenden Lehrenden) und nur innerhalb der Hochschulnetzwerks zur Verfügung gestellt wird.

2.2.3. Versammlungsstättenverordnung

Darüber hinaus muss die bundeslandspezifische Rechtsverordnung zu Versammlungsstätten ab einer Anzahl von 200 Prüfungsteilnehmenden (Besuchenden) in einem Raum berücksichtigt werden⁹. Bei dieser Verordnung steht der gesundheitliche

⁷ Siehe z.B. "§12 Elektronische Leistungen" der Rahmenstudien- und prüfungsordnung (RSPO) der Freien Universität Berlin (Freie Universität Berlin 22.08.2013).

⁸ Vgl. Forgó et al. 2016, S. 12

⁹ Für das Land Berlin finden sich diese Regelungen in §23 der Verordnung über den Betrieb von baulichen Anlagen (BetrVO der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung des Landes Berlin vom 10.10.2007). Für den Freistaat Sachsen finden sich diese Regelungen in der Verordnung über den

Schutz der Besuchenden (vulgo Prüfungsteilnehmenden) in Gefahrensituationen im Fokus. Gefahrensituationen können beispielsweise durch Brände oder elektrische Kurzschlüsse drohen. Um Unglücksfälle zu vermeiden, werden für Gefahrensituationen Szenarien zur Räumung bereits im Vorfeld mitgedacht und z. B. baulich in Form von deutlich erkennbar ausgeschilderten Notausgängen und ausreichend bemessenen Fluchtwegen berücksichtigt. Die für jedes Bundesland spezifische Versammlungsstättenverordnung regelt hierfür die Details.

2.3. BAUPLANERISCHE UND RAUMTECHNISCHE VORAUSSETZUNGEN

Akzeptable räumliche Bedingungen sind für die Prüfungsdurchführung von hoher Wichtigkeit, um einerseits die Wahrscheinlichkeit eines rechtlichen Widerspruchs wegen Mangels der Prüfungsbedingungen (vgl. Abschnitt 2.2.1) so gering wie möglich zu halten und andererseits die nachhaltige Akzeptanz unter den Prüfungsteilnehmenden für E-Examinations zu fördern. Bei der Konzeption von Prüfungsräumen sind daher technische sowie logistische als auch sanitäre Faktoren zu berücksichtigen. Im Folgenden findet sich ein kurzer Überblick über die Faktoren.

2.3.1. Einbruch und Diebstahlsicherung

Prüfungsräume, in denen sich viele Clients befinden, bedürfen einer besonderen Sicherung, sodass außerhalb der Prüfungszeiten nur autorisiertes Hochschulpersonal Zugang hat. Eine Absicherung über Alarmanlage inkl. Bewegungsmeldern, die mit der zentralen Hochschulzentralwarte verbunden ist, sollte vorgesehen werden, damit der Prüfungsbetrieb qua Einbruch und Diebstahl nicht unerwartet beeinträchtigt wird.

2.3.2. Klimatisierung und Belüftung

Während in Räumen mit 30-40 computergestützten Prüfungsplätzen akzeptable klimatische Bedingungen technisch noch recht einfach realisierbar sind, benötigen größere Räume mit 100 oder mehr Prüfungsplätzen ein dezidiert geplantes Klimatisierungskonzept, damit es trotz der Abwärme der genutzten Prüfungs-Clients (z. B. PCs, Laptops), der Körpertemperatur einer schwankenden Anzahl an Teilnehmenden und wechselnden Außentemperaturen während der vier Jahreszeiten weder zu überhöhten (höher als 23 Grad) noch zu niedrigen Raumtemperaturen (niedriger als 18 Grad) kommen kann.

Damit Teilnehmende das computergestützte Prüfungskonzept akzeptieren und aus dem neuartigen Prüfungskonzept rechtlich kein Mangel der Prüfungsbedingungen erwachsen kann, ist ein flexibles Klimatisierungskonzept, das weitestgehend automatisiert für akzeptabel temperierte Umluft um 21 Grad Celsius sorgt, erforderlich.

Sofern Gebäude neu errichtet werden, kann ein solches Klimatisierungskonzept von vornherein vergleichsweise einfach berücksichtigt werden. Bei einem Umbau von bereits bestehenden Seminarräumen, Vorlesungssälen, Laboren kann der nachträgliche Einbau einer Klimatisierungsanlage je nach räumlichen und technischen Ausgangsbedingungen qua Komplexität der Installation und Raumgröße erheblich kostenintensiver ausfallen.

2.3.3. Verdunklung und Beleuchtung

Direkte Sonneneinstrahlung in einen Prüfungsraum ist zu vermeiden, da diese dazu führt, dass Teilnehmende einerseits Bildschirmhalte nicht akzeptabel erkennen können, was wiederum zu einem Mangel der Prüfungsbedingungen führen könnte, andererseits auch die Raumtemperatur größeren Schwankungen unterliegt, was durch das Klimatisierungskonzept mit erhöhtem Energieaufwand wieder ausgeglichen werden müsste. Ein genereller Schutz vor direktem Sonnenlicht sollte daher obligatorisch sein. Ein solcher Schutz führt wiederum dazu, dass im Prüfungsraum für ausreichend Beleuchtung gesorgt werden muss, damit Teilnehmende imstande sind, die für die Prüfung ggf. erforderlichen Aufzeichnungen und Unterlagen einbeziehen zu können. Ausreichende Beleuchtung hat wiederum Einfluss auf die dauerhaften Energiekosten des operativen Prüfungsbetriebs.

2.3.4. Akustik und Schallschutz

In Prüfungen müssen akzeptable Bedingungen zum konzentrierten Arbeiten vorliegen. Diese Bedingungen sollten sich in der baulichen Ausstattung eines computergestützten Prüfungsraums spiegeln. Je mehr Teilnehmende in einem solchen Raum sind, desto höher ist der Grundlärmpegel. Um der Schallausbreitung entgegenzuwirken und damit den Grundlärmpegel gering zu halten, sollten geräuschkindernde Materialien wie Teppich, Gipskarton-Decken mit Akustik-Lochung und spezielle Wandfarben verwendet werden. Als Hardware sollten leise All-In-One-PCs ausgestattet mit passiven Kühlsystemen, wodurch die Lüfter der Geräte nur selten aktiviert werden, Silent-Tastaturen und leise Mäuse eingesetzt werden, um den Grundlärmpegel zu senken. Auch Laptops können zum Einsatz kommen, sofern sichergestellt werden kann, dass der Bildschirm ausreichend groß ist, um Inklusion von sehbehinderten Prüfungsteilnehmenden (vgl. Abschnitt 2.3.6) zu gewährleisten.

2.3.5. Netzwerkanbindung und Stromversorgung

Bei der Neukonzeption eines Prüfungsraums ist abzuwägen, ob die Prüfungs-Clients drahtlos oder kabelbasiert ans Netzwerk angebunden werden sollen. Bei drahtlosen Netzwerken übermitteln Clients die Prüfungsdaten mittels Wi-Fi zu einem Access-Point, die diese von dort kabelgebunden auf die Prüfungsserver weiterleiten. Bei kabelgebundenen Netzwerken werden Prüfungs-Clients direkt mit dem Netzwerk über Ethernet-Kabel verbunden. Um eine belastbare Betriebssicherheit der Gesamtanlage zu erreichen, bedeutet dies für die Raumplanung, dass entweder Kabel im gesamten Raum bis zu den Clients verlegt oder eine hohe Anzahl an Access-Points verbaut werden müssen. Während drahtlose Netzwerkverbindungen für diagnostische oder formative Prüfungen durchaus eingesetzt werden können, sind drahtlose Verbindungen für die Durchführung von E-Examinations derzeit im massenhaften Praxiseinsatz nur sehr bedingt empfehlenswert. Mehr dazu im Folgenden.

Drahtlose vs. kabelgebundene Netzwerkanbindung

Dass drahtlose Netzwerkverbindungen für E-Examinations derzeit noch nicht empfehlenswert sind, liegt an zwei Faktoren: erstens dürfen bei diesen i. d. R. nur die entsprechende Prüfungssoftware und in seltenen Fällen wenige weitere Dienste eingesetzt werden. Web-Mailer oder Wissensdatenbanken dürfen demzufolge während der Prüfungsdurchführung nicht erreichbar sein. Die Clients müssen demzufolge so konfiguriert werden, dass sie nur auf bestimmte im Prüfungsraum befindliche Access-

Points, die im gesicherten VLAN¹⁰ liegen, zugreifen können und sich nicht versehentlich oder vorsätzlich mit einem Access-Point auf dem Flur außerhalb des Prüfungsraums verbinden lassen. Zweitens findet über drahtlose Netzwerke ein Sharing der Bandbreite des jeweiligen Access-Points statt. Je mehr Teilnehmende sich in einer Prüfung befinden, desto geringer wird die für jeden einzelnen Teilnehmenden zur Verfügung stehende Bandbreite pro Access-Point. Alle Teilnehmenden müssen aber aus prüfungsrechtlicher Sicht die gleichen Möglichkeiten der gesicherten Prüfungsdurchführung haben.

Daraus folgt, dass drahtlose Netzwerke für E-Examinations speziell konfiguriert werden müssten, was u. U. die Wartungskosten für das technische Personal erhöht. Die Konfiguration von sowohl zugangsbeschränkten als auch bandbreitengesicherten stabilen Drahtlosnetzwerken und die Sicherstellung stabiler Verbindungen von Seiten der Prüfungs-Clients ist technisch nicht trivial und stellt in der Hierarchie der aus Rechtssicht erforderlichen technischen Prüfungssicherheit eine weitere unnötige und im Falle von Havarien komplex zu triangulierende Fehlerquelle dar.

Für die nachhaltige Betriebssicherheit in einem E-Examination-Szenario, das rechtlich sowie technisch belastbar ist und massenhaft skaliert, ist aus diesen Gründen ein kabelgebundenes Netzwerkkonzept zu bevorzugen. Zu empfehlen ist ferner, dass die kabelgebundene Netzwerkanbindung als Fallback-Szenario redundant bis zu den Prüfungsplätzen realisiert wird, sodass pro Prüfungs-Client mehrere einsatzbereit geschaltete Netzwerkdosen permanent zur Verfügung stehen. Sollten im operativen Betrieb Netzwerkprobleme auftreten, kann eine redundante Netzwerkanbindung die Fehlersuche immens beschleunigen.

Stromversorgung

Für die Stromversorgung gilt Vergleichbares. E-Examinations können theoretisch mit Prüfungs-Clients im Akku-Betrieb (z. B. auf Laptops) durchgeführt werden. Jedoch stellt der Akku-Betrieb eine weitere unnötige Fehlerquelle dar. Für normale E-Examination-Szenarien, die skalieren sollen und somit bis zu 10h dauern können (08.00h-18.00h), würde dies Akkus mit hoher Kapazität erfordern und eine genaue Planung nach sich ziehen, wie viele Monate (bzw. Jahre) die in den Prüfungs-Clients verbauten Akkus volle Leistung bringen, wie viele Stunden sie durchhalten, wann sie wieder aufgeladen werden müssen etc. Auch für die Stromversorgung ist daher empfehlenswert, auf klassische Stromversorgung zurückzugreifen, die wie die Netzwerkanbindung redundant bis zu den Prüfungsplätzen ausgeführt sein sollte, sodass mehrere Stromsteckdosen pro Prüfungs-Client zur Verfügung stehen.

2.3.6. Inklusion von behinderten Prüfungsteilnehmenden

Inklusion von behinderten Prüfungsteilnehmenden findet schon auf der makroskopischen Ebene der Erreichbarkeit des Prüfungsraums statt, deshalb müssen Prüfungsräume für Rollstuhlfahrende via Rampen und Aufzügen zugänglich sein. Darauf aufbauend empfiehlt es sich ca. 5 % der Plätze im Prüfungsraum so zu konzipieren, dass sie für rollstuhlfahrende Prüfungsteilnehmende optimal verwendet werden können. Die Tischhöhen sollten demzufolge niveauregulierbar sein. Aus Gründen der Praktikabilität sollte diese Niveauregulierung elektrisch umgesetzt sein, da dies die Rüstzeiten gegenüber manuellen Installationen von Niveauregulierungen deutlich senkt.

Inklusion auf der mikroskopischen Ebene der Nutzbarkeit der Prüfungs-Clients bedeutet, dass alle Clients ausreichend große Bildschirme für die Darstellung von Prüfungsinhalten

¹⁰ Vgl. Wikipedia-Autoren 2017b

haben müssen, damit die Darstellung für sehbehinderte Teilnehmende bei Bedarf vergrößert werden kann, die Darstellung der Prüfungsinhalte jedoch trotz der Vergrößerung kognitiv vergleichbar schnell verständlich bleibt. Zu beachten ist, dass besonders einsatzflexible leichte mobile Prüfungs-Clients wie Ultrabooks aufgrund zu kleiner Bildschirmgröße ungeeignet für sehbeeinträchtigte Prüfungsteilnehmende sein dürften.

2.3.7. Anordnung der Prüfungsplätze und Verhinderung von Betrug

Während in Seminarräumen der kollaborative Aspekt der Lernsituation im Vordergrund steht und die Anordnung der Tische diesem Aspekt oftmals folgt (z. B. U-förmige Tischanordnung), ist er für diagnostische und formative Prüfungen eher nachrangig, in summativen Prüfungen ist er jedoch ohnehin zu verhindern. Daraus folgt, dass die Tischanordnung in Prüfungsräumen auf eine hohe Anzahl von Prüfungsteilnehmenden optimiert werden kann.

Damit Prüfungsteilnehmende konzentriert arbeiten und ggf. schriftliche Dokumente in die Prüfungsbearbeitung einbeziehen können, empfiehlt sich eine Tischbreite pro Prüfungsplatz von 100 cm oder größer. Dies ist mehr, als klassische Hörsaalplätze an Hochschulen aufweisen, die für schriftliche Prüfungen eingesetzt werden.

Präventive Countermeasures gegen Betrugsversuche¹¹

Um der Gefahr des potenziellen Prüfungsbetrugs (z. B. durch Abschreiben oder unerlaubtes Zusammenarbeiten) von vornherein entgegenzuwirken, sind sowohl harte als auch weiche Countermeasures einsetzbar. Als harte Measures sind erstens Trennständer einzustufen, die zwischen den Prüfungsplätzen aufgestellt werden und die Sicht auf Nachbarbildschirme verhindern. Zweitens können Tische zum Einsatz kommen, in die die Bildschirme versenkt werden und drittens können Sichtschutzfolien eingesetzt werden. Als weiche Measures ist ein softwareseitiges Randomisieren der Aufgabenreihenfolgen über die eingesetzte Prüfungssoftware realisierbar. Bei dieser erhalten alle Prüfungsteilnehmenden zwar die gleichen Aufgaben, aber in unterschiedlicher Reihenfolge. Zur Bewertung: sofern ein solcher Raum nicht ausschließlich für Prüfungen eingesetzt werden soll, sondern auch für Schulungen oder normalen PC-Pool-Betrieb, müssten Trennwände vor dem Prüfungsbetrieb manuell aufgestellt werden. Dies erhöht den Rüstzeitaufwand und die Kosten für die Aufbewahrung der Trennwände. In den Tischen hinter Glasplatten versenkte Bildschirme erhöhen wiederum die Kosten für die Tische und senken die Flexibilität im Falle einer mittelfristig erforderlichen Erneuerung der Clients, da wieder auf eine ähnliche Bildschirmgröße zurückgegriffen werden müsste. Ferner sind Prüfungs-Clients mit Touch-Displays in solchen Tischen nur umständlich einsetzbar. Dies wiederum senkt die Einsatzflexibilität für künftige Prüfungsformen, bei denen z. B. mathematische oder chemische Formeln mittels Stift erfasst werden sollten.

Sichtschutzfolien haben den Vorteil, dass Platznachbarn nicht abschreiben können. Leider sind Sichtfolien aufgrund der darin rechtwinklig in die Folien eingelassenen Lamellen nur bei einer Bildschirmgröße von unter 20" praktikabel einsetzbar. Ab einer Bildschirmgröße von 20" sind die Randbereiche des Bildes aufgrund der Lamellenstruktur auch für die jeweiligen Prüfungsteilnehmenden, die direkt vor diesem Bildschirm sitzen, verdunkelt und somit nicht mehr akzeptabel erkennbar.

Aus den o. a. Gründen sollte abgewogen werden, ob eine weiche Countermeasure in Form des prüfungssoftwareseitigen Randomisierens der Aufgabenreihenfolgen als

¹¹ Vgl. Abschnitt 2.4.3

ausreichend eingestuft wird, da diese den Vorteil hat, dass sie leicht und schnell in der Konzeption der Prüfung implementiert werden kann. Viele Prüfungssoftwarelösungen bieten dies als Standardoption an, sodass auch in temporären und mobilen Prüfungsszenarien keine logistische Rüstzeit dafür anfällt. Der Nachteil ist, dass der Schutz erst ab einer Anzahl von etwa zehn Prüfungsaufgaben Wirksamkeit entfaltet, weil erst dann der analytische Zeitanteil ansteigt, den Teilnehmende aufwenden müssten, um herauszufinden, welche Aufgabennummern des Nachbarbildschirms mit denen auf dem eigenen Bildschirm korrespondieren.

2.3.8. Ein-, Aus- und Notausgänge

Für Räume, die für E-Assessments eingesetzt werden sollen, gelten die gleichen Bedingungen wie für Seminarräume oder Vorlesungssäle. Notausgänge müssen anhand entsprechender Beschilderungen für die Prüfungsteilnehmenden klar ausgeschildert sein, damit sie im Falle einer Gefahrensituation (vgl. Abschnitt 2.2.3) in die Lage versetzt werden, sich selbst ins Freie oder in einen gesicherten Bereich retten zu können. Für Neubauten sollten Detailplanungen hierfür den technischen Abteilungen der Hochschule oder externen Planungsbüros überlassen werden.

2.3.9. Administrative Bereiche

Sofern ein Prüfungsraum als Neubau bzw. Neueinrichtung angedacht ist, sollten von vornherein administrative Bereiche mitgedacht werden, die je nach Kapazität Platz für zwei bis drei technisch geschulte Aufsichtspersonen bieten, die den Prüfungsbetrieb sicherstellen und im Falle von technischen Problemen in die Anlagensteuerung eingreifen können.

2.3.10. Warte- und Anmeldebereiche für Teilnehmende

Besonders vor und nach Semesterende sowie zu Beginn der Vorlesungszeit finden viele Prüfungen statt. Um einen skalierenden Prüfungsbetrieb mit möglichst vielen unterschiedlichen Prüfungen täglich zu ermöglichen, sollten Bereiche ausreichend groß bemessen sein, in denen Prüfungsteilnehmende auf den Einlass in den Raum warten können. Ob diese Bereiche auch für die direkte Anmeldung zur Prüfung eingesetzt werden können, ist Einzelfallentscheidung der jeweiligen Hochschule. Da summative Prüfungen rechtlich nicht on-demand durchgeführt werden können, dieser Prüfungstyp jedoch den größten Anteil der Prüfungen ausmacht, kann sich ein Anmeldebereich für Prüfungsteilnehmende logistisch als zeitverzögernd und somit nicht skalierend darstellen. Es ist davon auszugehen, dass schon bei einer Anzahl ab schätzungsweise 20 Prüfungsteilnehmenden ein Anmeldebereich den Einlass und den Prüfungsstart stark verzögern könnte. Einfacher könnte es sein, die Anmeldebögen alphabetisch auf den Tischen im Prüfungsraum zu verteilen und die Prüfungsteilnehmenden die ihnen vorher zugeordneten Plätze suchen zu lassen und die Identitätskontrolle im Anschluss am Platz durchzuführen. Teilnehmende, die sich nicht akkurat angemeldet haben, finden in einem solchen Szenario keinen Anmeldebögen und müssen sich somit zwangsweise an die Aufsichten wenden.

2.3.11. Garderobebereiche

Gerade bei einer hohen Anzahl von 100 Teilnehmenden oder mehr sollten Garderobebereiche z. B. als Schließfächer mitbedacht werden, damit Mäntel, Rucksäcke etc. nicht im gesamten Raum auf den Böden verteilt bzw. an Stuhllehnen gehängt

werden müssen. Idealerweise sollten sich diese Bereiche nicht im Prüfungsraum befinden, da sie dort Platz nehmen würden, der für weitere Prüfungsplätze genutzt werden sollte.

2.3.12. Sanitäre Einrichtungen

Sanitäre Einrichtungen, die barrierefrei auch für Rollstuhlfahrende geeignet sind, sollten sich in unmittelbarer Nähe zum Prüfungsraum befinden, damit Prüfungsteilnehmende nicht zu viel Zeit verlieren, wenn sie diese aufsuchen müssen.

2.4. IT- UND MEDIENTECHNISCHE BEDINGUNGEN

Der folgende Abschnitt befasst sich mit den IT- und medientechnischen Bedingungen von E-Assessments. Dazu gehören:

- die Application- und Database-Server, auf denen die Prüfungssoftware installiert wird,
- die Prüfungs-Clients, mit denen die Prüfungsteilnehmenden auf die Prüfungssoftware zugreifen,
- die technische Ausgestaltung und Konfiguration der Netzwerkanbindung (diese wurde als querliegendes Unterthema bereits in Abschnitt 2.3.4 aus bauplanerischer Perspektive diskutiert) und
- die Prüfungssoftwarelösung.

2.4.1. Server

Aus rechtlicher Sicht hat die Sicherheit, die Integrität und die Verfügbarkeit der Prüfungsdaten der Prüfungsteilnehmenden die höchste Priorität. Ein möglicher technischer Verlust von Prüfungsdaten ist konzeptionell von vornherein auszuschließen. Eine Client-Server-Prüfungssoftwarelösung ist daher empfehlenswert (vgl. Abschnitt 2.4.3). Bei dieser erfassen die Prüfungsteilnehmenden auf den Prüfungs-Clients die Prüfungsantworten, die permanent auf dem Prüfungsserver (zwischen-)gespeichert werden. Um eine optimale Sicherung der Prüfungsdaten zu realisieren, sollten die Prüfungsserver *redundant* ausgestaltet werden. Um Angriffsvektoren auf die Prüfungsserver zu minimieren, sollten diese nicht außerhalb des Hochschulnetzwerks erreichbar sein.

Grundsätzliche Konfiguration

Konkret heißt das, dass für Prüfungssoftwarelösungen¹² i. d. R. zwei Application-Server im Load-Balancing-Modus und drei Database-Server als Primary, Mirror und Witness betrieben werden¹³. Auf den Application-Servern läuft in diesem Fall die Prüfungssoftware, die die Prüfungsinhalte auf die Clients ausspielt. Die dahinterliegenden Database-Server dienen zur performanten Verwaltung der Prüfungsdaten.

Um ein Höchstmaß an Datenintegrität durch eine mehrstufige Absicherung zu gewährleisten sollten die Festplatten im Primary und im Secondary jeweils als RAID 1+0 geordnet werden¹⁴. Dabei werden jeweils zwei Festplatten in einem Server in einer

¹² Dies gilt auch für den Fall, dass ein Learning-Management-System als Prüfungssoftwarelösung eingesetzt werden soll. Siehe dazu auch Abschnitt 2.4.3.

¹³ Schulz und Dietz 2014, S.46

¹⁴ Vgl. Wikipedia Contributors 2017

Gruppe zusammengefasst. Über die Gruppen werden die Daten dann gestriped, während sie innerhalb der Gruppe gespiegelt werden. Sollte mit einer Festplatte einer Gruppe im RAID 1+0 Verbund Probleme auftreten, sind die Daten noch auf der zweiten Festplatte der Gruppe vorhanden.

Sollten mit einem der beiden Datenbank-Server insgesamt Probleme auftreten, schaltet in einem solchen Fall der Witness nahtlos den Prüfungsbetrieb vom Primary- auf den Mirror-Datenbank-Server um. Für Prüfungsteilnehmende ist dieser Fallback-Prozess nicht erkennbar. Für diese läuft die Prüfung in einem solchen Fall „ganz normal“ weiter.

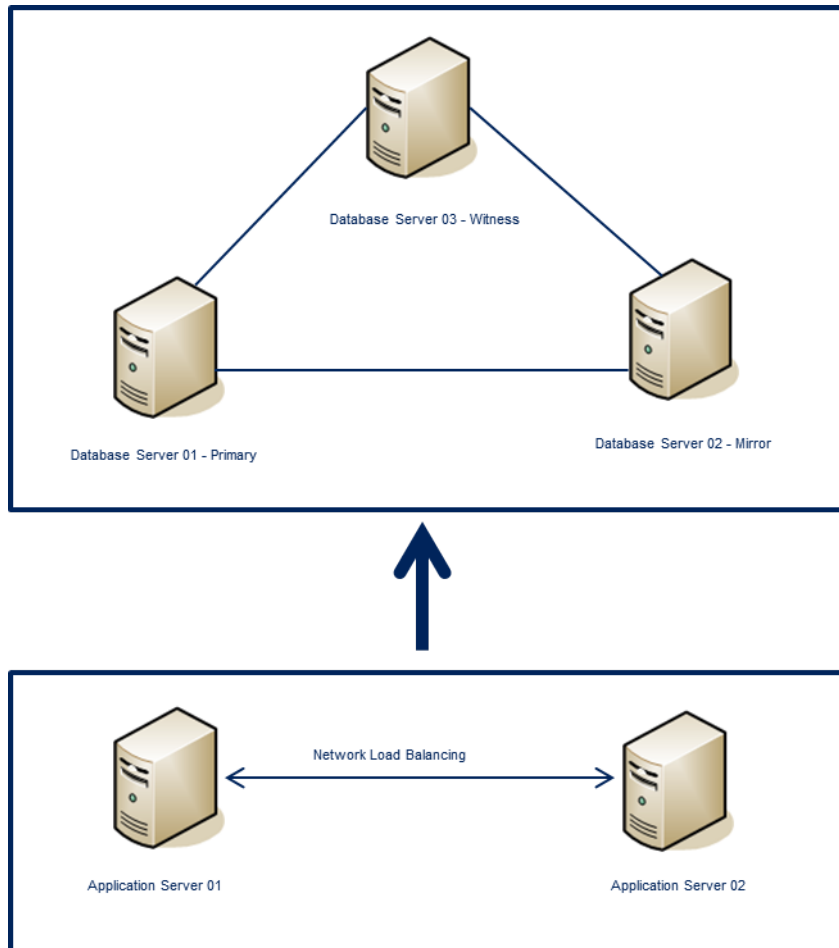


Abbildung 1: Ausgestaltung der Server-Architektur

Produktivsystem und Test- und Stagingssystem

Um Software-Updates nicht auf dem produktiven Prüfungssystem testen zu müssen und somit der Gefahr von Ausfällen entgegenzuwirken, ist das zusätzliche Vorhalten eines identisch strukturierten Test- und Staging-systems empfehlenswert.

Virtualisierung

Inwieweit die Produktivsystem-Server virtualisierbar sind, hängt ganz von der zugrundeliegenden Infrastruktur ab, die vom Rechenzentrum der jeweiligen Hochschule angeboten wird. Eine Prüfungssoftware ist vergleichbar mit einer zeitkritischen Echtzeitanwendung. Während bei einem Learning-Management-System das Ausliefern der Inhalte auch verzögert sein darf, müssen Prüfungsantworten von den Clients unverzüglich auf den Database-Servern gespeichert werden. Eine Verzögerung in der Auslieferung der Prüfungsinhalte auf die Clients ist nur innerhalb sehr geringer Schwankungsbreiten akzeptabel, da die Prüfungszeit insgesamt begrenzt ist.

Zwar ist es wünschenswert, das Test- und Stagingsystem identisch zum Produktivsystem zu strukturieren, im Falle von dedizierter Server-Hardware verdoppelt dies jedoch die Anschaffungskosten. Da das Test- und Stagingsystem darüber hinaus keine Prüfungsdaten beinhaltet, sondern ausschließlich für Tests der Updates genutzt werden soll, ist es möglich, dieses zu virtualisieren.

2.4.2. Prüfungs-Clients

Als Empfehlung für die Auswahl der Prüfungs-Clients gilt, dass sie vom rechtlich und somit technisch anspruchsvollsten Prüfungsszenario – den E-Examinations - her ausgewählt werden sollten (vgl. Abschnitt 2.2.1). Im Folgenden findet sich eine Liste an Kriterien, die an für E-Examinations compatible Clients gelegt werden sollten:

Kriterium	Beschreibung
Lautstärke	<ul style="list-style-type: none"> • Konzentrationsfähigkeit der Prüfungsteilnehmenden • Senken des Risikos möglicher rechtlicher Mängel der Prüfungsbedingungen • Erhöhung der Akzeptanz des gesamten E-Prüfungskonzepts
Hersteller-Support	<ul style="list-style-type: none"> • Schnellstmögliche Reparatur- bzw. Austauschmöglichkeit bei Defekt • Senken der Downtimes der Clients, da diese Einfluss auf die Umsetzung der logistischen Planung hat
Integration	<ul style="list-style-type: none"> • Clients mit geringer Anzahl an Kabelverbindungen (z. B. All-In-One-PCs, Laptops) • Minimieren von potenziellen technischen Fehlerquellen
Einsatzflexibilität	<ul style="list-style-type: none"> • Mobile Prüfungsräume erfordern mobile Geräte (z. B. Laptops) • Erhöht die Unabhängigkeit von speziell ausgerüsteten Räumen • Erhöht den technisch-administrativen Aufwand der Vorbereitung von Prüfungen
Bildschirmgröße	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention¹⁵ • Maximale Inklusion von sehbeeinträchtigten Prüfungsteilnehmenden
Wartung	<ul style="list-style-type: none"> • Kompatibilität mit Client-Management-Tools zum OS- und Application Deployment • Senken der technisch-administrativen Kosten
Eingabe-Devices	<ul style="list-style-type: none"> • Clients mit Tastaturen, Mäusen und Touch-Displays, da Tablets ohne Tastaturen nur bedingt für einen fächerübergreifenden Einsatz in E-Examinations geeignet sind • <u>Tastaturen</u> als Standard für Texte (meist geistes- und sozialwiss. Fächer) • <u>Mäuse</u> als gewohntes Instrument zur Bedienung (alle Fächer) • <u>Touchdisplays</u> für beschleunigte Erfassung von Formeln, Zeichnungen, Markierungen (meist MINT-Fächer) • Maximierung der Kompatibilität zu Prüfungen unterschiedlicher Studiengänge

2.4.3. Prüfungssoftwarelösung

Die Entscheidung, welche Prüfungssoftwarelösung dauerhaft eingesetzt werden soll, sollte im Vorfeld reiflich überlegt werden. Eine generelle Empfehlung für eine spezifische Prüfungssoftware kann an dieser Stelle nicht gegeben werden, da jede Hochschule

¹⁵ Die "Guiding Principles" der U.N. Konvention zur Inklusion von Menschen mit Behinderung spricht von "Full and effective participation and inclusion in society" (o. V. 2008)

eigene fachliche und technische Kulturen hervorgebracht hat und demzufolge unterschiedliche Bedingungen an eine Prüfungssoftware stellt. Im Folgenden finden sich daher einige Kriterien und Beschreibungen, die bei der Auswahl einer Prüfungssoftware beachtet werden sollten:

Kriterium	Beschreibung
Kommerzielle Lizenz oder freie Lizenz	<ul style="list-style-type: none"> • Genuine Prüfungssoftwarelösungen, die unter freier Softwarelizenz¹⁶ (z. B. GNU GPL) stehen, sind in den meisten Fällen kostenlos verfügbar (z. B. TCExam, Kaldin). Produkte, die unter freier Lizenz stehen, bedürfen keiner Anschaffungskosten für Lizenzen. Der Source-Code ist einsehbar und theoretisch „selbst“ änderbar. Der blinde Fleck bei Produkten mit freier Softwarelizenz versteckt sich in der Administration (Installation, Maintenance, Updates, Hotfixes etc.). Wann (kritische) Bugs gefixt werden, unterliegt bei diesen Produkten der jeweiligen Community, die das Produkt maintained (bzw. der Hochschule selbst, die es einsetzt). Die Maintenance-Kosten mit hochschuleigenem Personal oder mit externen Auftragnehmenden sollten daher so genau wie möglich geschätzt werden. Ob ein zeitkritischer E-Prüfungsbetrieb dauerhaft stabil und massenhaft mit (ggf. wechselnden) externen Auftragnehmenden realisierbar ist, die on-demand bei Updates oder Hotfixes hinzugezogen werden müssen, sollte genau geprüft werden. Eine Umsetzung mit hochschuleigenem Personal ist zwar machbar, dürfte jedoch die dauerhaften Personalkosten erhöhen. • Prüfungssoftwarelösungen, die unter kommerzieller Lizenz stehen, haben demgegenüber meist Anschaffungskosten oder zumindest laufende Support-Kosten (z. B. LPLUS TestStudio, IQuL Q-Exam, Questionmark Perception, BTL Surpass). Der Vorteil liegt darin, dass die Firma, die das Produkt anbietet, stark spezialisiert ist und üblicherweise mehrere Programmierende und Support-Mitarbeitende beschäftigt, die bei ernsthaften Bugs Hotfixes kurzfristig und kostenfrei bereitstellen. Die langfristigen Vollkosten sind bei Großprojekten mit Produkten unter kommerzieller Lizenz für Hochschulen nicht selten einfacher kalkulierbar.
Stand-Alone oder LMS-Modul	<ul style="list-style-type: none"> • Seit einigen Jahren sind Prüfungssoftwaremodule auch sowohl in freie Learning-Management-Systeme (z. B. Moodle, ILIAS, OLAT) als auch in kommerzielle Learning-Management-Systeme (z. B. Blackboard) integriert. • Der Vorteil von in Learning-Management-Systeme (LMS) integrierten Prüfungsmodulen liegt darin, dass Lehrende qua Gewöhnung an die Usability des LMS und damit geringer Einarbeitungszeit diese Prüfungsmodule schnell zum Einsatz bringen können. • Der Nachteil dieser integrierten Lösungen kann in der Sicherheitskonzeption liegen. Hochschul-LMSen sind häufig auch außerhalb des Hochschulnetzwerks erreichbar. Sofern im Prüfungsmodul die Antworten und Ergebnisse von E-Examinations gespeichert werden, sollten diese aus rechtlichen Gründen am besten gar nicht außerhalb des Hochschulnetzwerks zugänglich sein. Eine parallele Installation eines „abgespeckten“ LMS, das ausschließlich für E-Examinations vorgesehen ist, sollte in einem solchen Fall in Betracht gezogen werden. • Database-Ansteuerungen von LMSen sind ursprünglich auf viele parallele Lesezugriffe optimiert worden. Die Applikationscharakteristik einer Prüfungssoftware liegt hingegen auf einer hohen Anzahl paralleler Schreibzugriffe. Inwieweit dies bei hochskalierten Szenarien mit mehreren hundert Prüfungsteilnehmenden zu flaschenhalsbedingten Schwierigkeiten führen kann, sollte einzelfallbezogen auf das jeweilig eingesetzte LMS im Vorfeld erprobt werden.

¹⁶ Vgl. Wikipedia-Autoren 2017a

<p>Web-Application oder Client-Installation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die meisten Prüfungssoftwarelösungen sind heutzutage ähnlich wie LMSe Webbrowser gestützt bedienbar. Dies hat den Vorteil, dass sie damit unabhängig vom Betriebssystem des Clients sind, mit dem Lehrende und Studierende auf sie zugreifen. Eine hohe Kompatibilität mit unterschiedlichen Clients führt wiederum zu einer höheren Akzeptanz unter den Nutzenden. • Es gibt jedoch auch weiterhin einige wenige spezialisierte Prüfungssoftwarelösungen, die als Installation auf dem Prüfungs-Client laufen (z. B. die US-amerikanische Law-Prüfungssoftware „Extegrity Exam4“). • Hierbei ist zu beachten, dass sowohl der administrative Aufwand als auch die technische Fehlerwahrscheinlichkeit, die mit der Installation einer Prüfungssoftware auf Prüfungs-Clients verbunden ist, höher ist als bei einer Prüfungssoftware, die im Webbrowser läuft. Bei einer Prüfungssoftware, die nur auf dem Prüfungs-Client läuft, ist ferner das Risiko des Verlustes von Prüfungsdaten durch Systemabsturz bzw. Gerätedefekt deutlich erhöht.
<p>Sicherheitsfeatures</p>	<ul style="list-style-type: none"> • In geistes- und sozialwissenschaftlichen Studiengängen werden oftmals höhere Lernzieltaxonomien¹⁷ bedient und daher häufig offene Fragen gestellt, die in Form längerer Freitexte durch die Prüfungsteilnehmenden beantwortet werden sollen. • Prüfungsrechtlich sollten alle von den Prüfungsteilnehmenden erfassten Antworten permanent auf einem gesicherten System abgespeichert werden. • Dies bedeutet, dass eine Prüfungssoftwarelösung darauf vorbereitet sein muss, dass im Falle einer Havarie (z. B. Absturz des Webbrowsers, Absturz des Rechners, Stromausfall) die als Freitext komponierten Antwortteile bis zum Zeitpunkt der Havarie unkompliziert wiederherstellbar sein und die Prüfungsteilnehmenden sofort nach Beendigung der Havarie die Prüfung fortsetzen können sollten. • Prüfungssoftwarelösungen, die alle Antworten zunächst auf dem Prüfungs-Client sammeln und diese erst am Ende der Prüfung auf den Server übertragen, sind aus prüfungsrechtlicher Perspektive riskant. Im Falle eines Hardware-Defekts eines Prüfungs-Clients wären die Prüfungsdaten vollständig verloren. • Um Betrugsversuche der Prüfungsteilnehmenden zu verhindern, sollte die Prüfungssoftwarelösung das Randomisieren von Aufgaben und der in geschlossenen Aufgaben enthaltenen Antwortoptionen ermöglichen¹⁸.
<p>Examination-Analytics</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Prüfungssoftwarelösung sollte sowohl administrative Examination-Analytics (z. B. wie viele Prüfungen wurden im Zeitraum X mit wie vielen Prüfungsteilnehmenden durchgeführt) als auch didaktische Examination-Analytics bereitstellen (z. B. wie lange wurde eine spezifische Prüfungsaufgabe von Teilnehmer/in Y in Relation zur Gesamtkohorte bearbeitet). • Während die administrativen Examination-Analytics hilfreich sind, um die Zunahme in der hochschulweiten Nutzung des E-Prüfungs-Services zu dokumentieren, dienen die didaktischen Examination-Analytics den Lehrenden als Indikatoren zur Qualitätssicherung der Prüfung (und ggf. der der Prüfung zugrundeliegenden Lehre).

¹⁷ Vgl. Mayer et al. 2009

¹⁸ Vgl. Abschnitt 2.3.7

<p>IMS QTI Kompatibilität¹⁹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mit der "Question and Test Interoperability" (QTI) hat das IMS Global Learning Consortium seit den frühen 2000er Jahren versucht, den Austausch von digitalen Prüfungsinhalten zwischen unterschiedlichen Prüfungsplattformen zu standardisieren. Es werden derzeit fünf unterschiedliche QTI Versionen: QTI 1.2, QTI 1.2 Lite, QTI 2.0, QTI 2.1 und QTI 2.2 in Prüfungssoftwarelösungen eingesetzt. • Im deutschsprachigen Raum ist die Nutzung der QTI-Schnittstelle bis heute gering geblieben. Eine Nutzung von Prüfungsinhalten über die Grenzen der eigenen Hochschule hinweg, wofür QTI ursprünglich erdacht wurde, ist selten. Als Backup-Sicherung der erarbeiteten digitalen Fragekataloge für Lehrende, wozu QTI auch verwendet werden könnte, bieten die jeweiligen Prüfungssoftwarelösungen häufig komfortablere Möglichkeiten als QTI.
<p>Usability und Fragetypen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Während niedrige kognitive Niveaus (z. B. Faktenwissen) heutzutage mit vielen Prüfungssoftwarelösungen akzeptabel messbar sind, ist die Messung von höheren kognitiven Niveaus z. B. als zu komponierende lange Freitexte oder als komplexe Formeln nicht mit allen Prüfungssoftwarelösungen gleich gut möglich. • Die Ausrichtung der jeweiligen Hochschule (z. B. eher geistes- und sozialwissenschaftlich oder eher naturwissenschaftlich) kann daher eine Rolle bei der Wahl der Prüfungssoftwarelösung spielen. • Der jeweilige Editor zum Erfassen der Freitexte oder Formeln muss einfach und schnell bedienbar sein, denn es soll ja gerade nicht die formale Ebene gemessen werden (ob sich Prüfungsteilnehmende schnell in einen neuen Editor einarbeiten können), sondern die inhaltliche Ebene (ob die Prüfungsteilnehmenden die Lernziele verstehen, anwenden oder weiterentwickeln können). • In Summe muss eine Prüfungssoftware heutzutage mindestens diese Fragetypen beherrschen²⁰: (1) ja/nein bzw. wahr/falsch, (2) Single-Choice, (3) Lückentexte, (4) Multiple-Choice, (5) Markierungen, (6) Reihenfolgen, (7) Zuordnungen.
<p>Verbreitung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verbreitung der Prüfungssoftwarelösung (im deutschsprachigen Raum) ist u. U. als Bewertungsfaktor einzubeziehen, da eine größere Community an Hochschulen einen schnelleren Know-How-Transfer qua Kollaboration ermöglicht. Ursachen von ggf. auftretenden technischen Schwierigkeiten können so schneller gefunden und angepasste Good-Practice-Konzepte zwischen den Community-Mitgliedern ausgetauscht werden. Außerdem können die Durchdringungsprozesse innerhalb der jeweiligen Hochschule in der Folge beschleunigt und damit Kosten gesenkt werden.

2.4.4. Anlagensteuerung der Prüfungs-Clients

In Abhängigkeit von den umzusetzenden Raumszenarien (vgl. Abschnitt 3) sind Anlagensteuerungsprogramme einzusetzen bzw. zu entwickeln. Um eine effiziente Administration der Clients zu ermöglichen, sollten folgende Ebenen via Client-Management-Tools (vgl. unter Abschnitt 2.4.2 „Wartung der Clients“) weitestgehend automatisiert umsetzbar sein:

- Zentrale Installation des Betriebssystems auf die Clients via Netzwerk

¹⁹ Vgl. IMS Questions & Test Interoperability (o. V. 2016)

²⁰ Sortierung der Fragetypen entlang der Wissensdimensionen der CELG-Lernzieltaxonomie (vgl. Mayer et al. 2009, S. 109)

- Zentrale Distribution von paketierten Anwendungsprogrammen (z. B. für Prüfungen mit Anwendungen von Drittherstellern wie R oder Access) und Updates auf die Clients via Netzwerk
- Zentrale Distribution der Konfiguration der Clients via Netzwerk (z. B. um zwischen PC-Pool-Betrieb und Prüfungsbetrieb zu wechseln)

Sollten für unterschiedliche Fachbereiche unterschiedliche Prüfungssoftwarelösungen zum Einsatz kommen, sollten die Prüfungs-Clients darüber hinaus zentral auf unterschiedliche Prüfungsmodi umschaltbar sein.

3. RAUMSZENARIEN FÜR E-ASSESSMENTS

Im folgenden Teil werden exemplarisch typische Raumszenarien für die Umsetzung von E-Assessments beschrieben, die für eine nachhaltige und hochschulweite Nutzung skalieren:

Raumszenario	Beschreibung
Genuines E-Assessment-Center (Abschnitt 3.1.)	<ul style="list-style-type: none"> • für 150-199 Prüfungsteilnehmende
E-Assessment in PC-Pools (Abschnitt 3.2.)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Var.1</u>: E-Assessment in großem PC-Pool für 150-199 Prüfungsteilnehmende • <u>Var.2</u>: E-Assessment in mehreren PC-Pools für jeweils 30-50 Prüfungsteilnehmende
Temporäres E-Assessment-Center (Abschnitt 3.3.)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Var.1</u>: Temporär stationäres E-Assessment-Center für 150-199 Prüfungs-teilnehmende mit Clients, die im Prüfungszeitraum in einem festen Raum installiert werden • <u>Var.2</u>: Mobiles E-Assessment-Center für 150-199 Prüfungsteilnehmende mit Clients, die on-demand in unterschiedlichen Räumen aufgebaut werden können.

3.1. GENUINES E-ASSESSMENT-CENTER

3.1.1. Beschreibung

Unter einem E-Assessment-Center wird ein Raum verstanden, dessen Betriebskonzeption darauf ausgerichtet ist, dass in ihm ausschließlich E-Assessments stattfinden. Die raumtechnische Umsetzung (vgl. Abschnitt 2.3.) und die Konfiguration der technischen Anlage (vgl. Abschnitt 2.4.) spiegeln diese Betriebskonzeption wider. Eine Nutzung des Raums für weitere Zwecke wie z. B. PC-Pool-Betrieb, Seminar- oder Schulungsbetrieb ist nicht vorgesehen und i. d. R. nicht ad-hoc umsetzbar.

3.1.2. Umsetzbare Prüfungstypen

Da es zu keinen zeitlichen Kollisionen in der Nutzung kommen kann, lassen sich in einem Raumszenario mit einer genuin als E-Assessment-Center ausgerichteten Betriebskonzeption folgende Prüfungstypen hochskalierbar realisieren:

- diagnostische Prüfungen vor bzw. bei Semesterbeginn,
- formative Prüfungen während des Semesters und
- summative Prüfungen (E-Examinations) am bzw. nach Semesterende.

3.1.3. Vorteile

Eine genuine Betriebskonzeption als E-Assessment-Center hat den Vorteil, dass die in technische Sicherheitsmaßnahmen zu übersetzenden rechtlichen Bedingungen von E-Examinations dauerhaft als Grundkonfiguration bereitgestellt werden können. Es können somit eine hohe Anzahl von Prüfungen mit geringen Kosten im Bereich der vorbereitenden Rüstzeiten durchgeführt werden. Darüber hinaus ist technische Aufsicht während der Prüfungsdurchführung mit sehr geringen personellen Ressourcen und damit geringen Kosten realisierbar.

3.1.4. Nachteile

Nachteilig ist, dass ein reines E-Assessment-Center für andere Nutzungsszenarien der Hochschule wie Schulungs-, Seminar- oder PC-Pool-Betrieb i. d. R. nicht kurzfristig zur Verfügung gestellt werden kann. Mit Leerlaufzeiten, in denen der Raum einer nur geringen Nutzung unterliegt, muss gerechnet werden. Ähnliches gilt jedoch auch für die traditionellen PC-Pools während der vorlesungsfreien Zeit.

3.1.5. Umsetzungsbeispiele

Im deutschsprachigen Gebiet wird ein genuin für E-Assessments reservierter Raum derzeit u. a. von folgenden Hochschulen betrieben: Freie Universität Berlin (E-Examination Center, 151 Plätze) und Universität Bremen (Testcenter, 120 Plätze). An der Freien Universität Berlin wurde ein ehemaliges Großraumlabor der Chemie umgerüstet, während an der Universität Bremen ein umgebauter Konzertsaal zum massenhaften Einsatz gelangt.

3.1.6. Grobschätzung der initialen Investitionskosten und Folgeinvestitionen

Je nach vorliegenden raumtechnischen Ausgangsbedingungen (vgl. Abschnitt 2.3) liegen die Gesamtkosten für die Herrichtung eines solchen Raums mit ca. 150 Prüfungsplätzen im Bereich von etwa 1,2 Mio € (incl. Netzinfrastruktur, Server und PC-Clients). Nach ca. fünf Jahren²¹ müssen sowohl Server als auch Clients erneuert werden, was zu Folgeinvestitionen in Höhe von schätzungsweise 230.000 € führt.

3.1.7. Dauerhafte personelle Ressourcen

Für den operativen Dauerbetrieb eines E-Assessment-Centers mit 150 oder mehr Prüfungsplätzen ist mit zwei wissenschaftlichen Dauerstellen (E13) und weiteren studentischen Stellen zu kalkulieren. Inwieweit unterstützende Prüfungsaufsicht von studentischen Hilfskräften durchgeführt werden kann, sollte arbeitsrechtlich eruiert werden. Die jährlichen Personalaufwendungen bewegen sich somit im Bereich von ca. 200.000€.

²¹ Die Erneuerungszyklen entsprechen der Dauer für einen üblichen Professional-Support-Vertrag. Geräte, die während der Support-Laufzeit ausfallen, werden in der Regel vom Hersteller im Rahmen des Professional-Supports repariert bzw. ausgetauscht.

Stellen	Aufgaben
Wissenschaftliche Stellen	<ul style="list-style-type: none"> • Koordination des Gesamtbetriebs • Vertretung der Koordination • Zeitplanung des Prüfungsbetriebs • Formaldidaktische Prüfungsberatung für Lehrende vor der Prüfung (z. B. Testtheorie und Lernziele beim Kompetenzerwerb, Split-Attention-Effect²²) • Qualitätssichernde Prüfungsberatung für Lehrende nach der Prüfung (z. B. Statistische Kennziffern wie Trennschärfe und Schwierigkeitsgrad)
Studentische Hilfskräfte	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung des Supports • Unterstützung der technischen Wartung der Gesamtanlage • Unterstützung der Prüfungsvorbereitung, der Prüfungsdurchführung und der Prüfungsnachbereitung

3.2. E-ASSESSMENT IN PC-POOLS

3.2.1. Beschreibung

Sofern der Aufbau eines genuinen E-Assessment-Centers qua räumlicher Engpässe nicht realisierbar ist, können E-Assessments auch in Räumen durchgeführt werden, die unterschiedlichen Nutzungsszenarien unterliegen. Das Betriebskonzept sieht in diesem Fall ausdrücklich die Mehrfachnutzung der Räume vor. Die raumtechnische Umsetzung (vgl. Abschnitt 2.3.) und die Konfiguration der technischen Anlage (vgl. Abschnitt 2.4.) spiegeln die Betriebskonzeption mit unterschiedlichen Nutzungsmodi wider. Neben der Nutzung für E-Assessments werden solche Räume meist als klassische PC-Pools für Studierende (z. B. zum Durchführen von Literatur-Recherchen oder Anfertigen von Hausarbeiten) und für Schulungen und Seminare verwendet. Die Anlagensteuerung erlaubt das Umschalten zwischen den unterschiedlichen Nutzungsmodi.

3.2.2. Umsetzbare Prüfungstypen

Grundsätzlich sind in klassischen PC-Pools folgende Prüfungstypen hochskalierbar realisierbar:

- diagnostische Prüfungen vor bzw. bei Semesterbeginn,
- formative Prüfungen während des Semesters und
- summative Prüfungen (E-Examinations) am bzw. nach Semesterende

Qua unterschiedlicher Nutzungsszenarien der PC-Pools ist davon auszugehen, dass es zu logistischen Engpässen bei der Raumreservierung kommen wird. Eine Priorisierung der Raumnutzung für E-Assessments sollte im Betriebskonzept vor Inbetriebnahme festgelegt werden, um den operativen Prüfungsbetrieb nachhaltig sicherzustellen. Um die Clients in einen technisch sicheren Prüfungsbetrieb zu versetzen, kann der kostenfreie und unter Open-Source-Lizenz verfügbare Safe-Exam-Browser²³ genutzt werden.

3.2.3. Vorteile

Eine geteilte Nutzungskonzeption von PC-Pools hat den Vorteil, dass die dauerhaften Kosten des Raums geteilt werden können. Leerstand des Raums ist in diesem Raumszenario nur selten zu erwarten.

²² Vgl. Ayres und Sweller 2014

²³ Vgl. <http://safeexambrowser.org>

Vorteile eines großen PC-Pools für 150-199 Teilnehmende:

Der Vorteil eines großen PC-Pools besteht während der Zeiten der Prüfungsdurchführung darin, dass mit wenig technischem Aufsichtspersonal und somit geringen personellen Kosten hohe Prüfungszahlen realisierbar sind.

Vorteile mehrerer PC-Pools für jeweils 30-50 Teilnehmende:

Der Vorteil kleinerer PC-Pools liegt darin, dass durch Prüfungen mit geringen Teilnehmerzahlen andere parallele Nutzungsszenarien nicht vollständig blockiert werden. Die Einsatzflexibilität ist in einem solchen Szenario also höher.

3.2.4. Nachteile

Da bei geteilten Nutzungskonzepten mit einer stärkeren Abnutzung des Raums und der technischen Ausstattung zu rechnen ist, liegt ein Nachteil darin, dass der technische Rüstzeitaufwand (für die Umstellung der Nutzungsmodi, das Testen der Funktionsfähigkeit der Prüfungs-Clients und der Sicherheitskonfiguration) vor dem Prüfungseinsatz höher ist. Technische Mängel, die aus einer stärkeren Abnutzung resultieren können, dürfen keinen Einfluss auf die Durchführung von E-Examinations haben, da dies rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen kann (vgl. Abschnitt 2.2.1).

Nachteile eines großen PC-Pools für 150-199 Teilnehmende:

Der zusätzliche Nachteil eines großen PC-Pools liegt darin, dass der Raum für andere Nutzungsszenarien während des Prüfungsbetriebs nicht verfügbar ist.

Nachteile mehrerer PC-Pools für jeweils 30-50 Teilnehmende:

Nachteilig ist, dass viele Räume im Prüfungsbetrieb sowohl mehr technisches als auch mehr fachdidaktisches Aufsichtspersonal erfordern. Inwieweit die höheren personellen Kosten in der Prüfungsdurchführungsphase durch die Effizienzsteigerungseffekte in der Prüfungsauswertungsphase trotzdem überkompensiert werden, sollte im Einzelfall genau eruiert werden. Grundsätzlich sinkt jedoch die Effizienz eines computergestützten Prüfungsszenarios mit steigender Anzahl an kleinen Räumen. Beim Einsatz vieler kleiner Räume, muss qua Prüfungsrecht außerdem sichergestellt werden, dass Prüfungsteilnehmende nicht in Kontakt zu einander treten können. Eine personelle Überwachung, welche Teilnehmenden den Prüfungsbereich nur temporär (z. B. Gang zur Toilette) und welche Teilnehmenden den Prüfungsbereich bereits wegen Abgabe der Prüfung verlassen haben, sollte bedacht werden. Dies hebt jedoch auch die personellen Kosten der Prüfungsdurchführungsphase.

3.2.5. Umsetzungsbeispiele

Im deutschsprachigen Gebiet werden *große* Räume mit geteilter Nutzungskonzeption derzeit u. a. an folgenden Hochschulen betrieben: Universität Duisburg-Essen (PC-Hall, 195 Plätze, derzeit in Renovierung) und Universität Göttingen (E-Klausursaal, 98 Plätze). Mehrere kleinere Räume werden z. B. an der ETH-Zürich für E-Assessments eingesetzt.

3.2.6. Grobschätzung der initialen Investitionskosten und Folgeinvestitionen

Sofern noch nicht vorhanden, liegen - je nach vorliegenden raumtechnischen Ausgangsbedingungen (vgl. Abschnitt 2.3) - die Gesamtkosten für die Herrichtung eines großen Raums mit ca. 150 Prüfungsplätzen im Bereich von etwa 1,2 Mio € (incl. Netzinfrastruktur, Server und PC-Clients). Die Neueinrichtung von Räumen mit jeweils 50 Prüfungsplätzen ist mit etwa 400.000 € zu taxieren.

Sofern bereits vorhandene PC-Pools zu prüfungskompatiblen Räumen weiterentwickelt werden sollen, dürften die Kosten auch niedriger ausfallen. Wichtig bei der Weiterentwicklung bestehender Räume ist, dass das Klimatisierungs-, das Sicherheits- und das Schallschutzkonzept vor der Umbauphase genau eruiert werden.

Nach ca. fünf Jahren müssen sowohl Server als auch Clients erneuert werden, was zu Folgeinvestitionen in Höhe von schätzungsweise 230.000 € führt.

3.2.7. Dauerhafte personelle Ressourcen

Für den operativen Dauerbetrieb eines PC-Pools mit Prüfungspriorisierung, der 150 oder mehr Clients beinhaltet, ist mit zwei wissenschaftlichen Dauerstellen (E13) und weiteren studentischen Stellen zu kalkulieren. Pro Prüfungsraum ist mit einer unterstützenden technischen Aufsicht zu kalkulieren. Inwieweit unterstützende Prüfungsaufsicht von studentischen Hilfskräften durchgeführt werden kann, sollte arbeitsrechtlich eruiert werden. Die jährlichen Personalaufwendungen bewegen sich somit im Bereich von ca. 200.000€. Sofern viele kleine Räume zum Einsatz kommen, steigen diese dauerhaften Aufwendungen an, da für jeden Raum technisches Aufsichtspersonal bereitgehalten werden muss.

Stellen	Aufgaben
Wissenschaftliche Stellen	<ul style="list-style-type: none">• Koordination des Gesamtbetriebs• Vertretung der Koordination• Zeitplanung des Prüfungsbetriebs• Formaldidaktische Prüfungsberatung für Lehrende vor der Prüfung (z. B. Testtheorie und Lernziele beim Kompetenzerwerb, Split-Attention-Effect²⁴)• Qualitätssichernde Prüfungsberatung für Lehrende nach der Prüfung (z. B. Statistische Kennziffern wie Trennschärfe und Schwierigkeitsgrad)
Studentische Hilfskräfte	<ul style="list-style-type: none">• Unterstützung des Supports• Unterstützung der technischen Wartung der Gesamtanlage• Unterstützung der Prüfungsvorbereitung, der Prüfungsdurchführung und der Prüfungsnachbereitung

3.3. TEMPORÄRES E-ASSESSMENT-CENTER

3.3.1. Beschreibung

Eine weitere Möglichkeit, um E-Assessments durchzuführen, besteht darin, temporäre E-Assessment-Center in anderen Räumen (z. B. Hörsäle, Seminarräume) einzurichten. Diese werden für den Prüfungsbetrieb dann mit PC-Clients oder Laptops ausgestattet. Ein temporäres E-Assessment-Center kann sowohl fest für mehrere Wochen während des Prüfungszeitraums als temporär stationäres E-Assessment-Center mit kabelbasierter Netzwerkanbindung, als auch als mobiles E-Assessment-Center mit WLAN-Anbindung je nach Anforderung tagesweise in anderen Räumen eingerichtet werden. In beiden Fällen sollten nur Räume zum Einsatz kommen, die für die raumtechnische Umsetzung (vgl. Abschnitt 2.3.) insbesondere hinsichtlich der Klimatisierung und der Alarmsicherung in Frage kommen. Die Konfiguration der technischen Anlage (vgl. Abschnitt 2.4.) muss bei temporären Raumkonzepten besonders genau eruiert werden, da die Prüfungs-Clients außerhalb der Prüfungszeiten eines alarmgesicherten Aufbewahrungsortes bedürfen.

²⁴ Vgl. Ayres und Sweller 2014

3.3.2. Umsetzbare Prüfungstypen

Allgemein gilt für temporäre Prüfungsräume, dass in ihnen folgende Prüfungstypen hochskalierbar realisiert werden können:

- diagnostische Prüfungen vor bzw. bei Semesterbeginn,
- formative Prüfungen während des Semesters und
- summative Prüfungen (E-Examinations) am bzw. nach Semesterende.

Jedoch gilt auch für dieses Konzept noch stärker als für E-Assessments in PC-Pools, dass qua unterschiedlicher Nutzungsmodi der Räume (z. B. als Hörsaal, Seminarraum oder Mensa) davon auszugehen ist, dass es zu starken logistischen Engpässen bei der Raumreservierung kommen wird. Eine Priorisierung der Raumnutzung für E-Assessments sollte auch in diesem Raumszenario vor Aufnahme des Prüfungsbetriebs festgelegt werden, um den operativen Prüfungsbetrieb nachhaltig sicherzustellen.

3.3.3. Vorteile

Temporäre E-Assessment-Center haben den Vorteil einer *theoretisch* hohen Einsatzflexibilität. Sie können sowohl während der Prüfungszeiträume als auch während der Vorlesungszeit in geeigneten Räumen der Hochschule eingerichtet werden.

Vorteile von temporär stationären E-Assessment-Centern für 150-199 Teilnehmende

Sofern Räume identifiziert wurden, die die raumtechnischen Bedingungen (vgl. Abschnitt 2.3.) erfüllen, können diese als temporäre E-Assessment-Center umfunktioniert werden. Es müssen keine neuen Räume ausgerüstet werden und auf die Nachfrage nach E-Assessments kann flexibel reagiert werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die so umfunktionierten Räume während der Prüfungszeiträume nur Rüstzeiten für den Auf- und Abbau erfordern.

Vorteile von mobilen E-Assessment-Centern für 150-199 Teilnehmende

Auch in diesem Szenario müssen im Vorfeld Räume identifiziert werden, die die raumtechnischen Bedingungen (vgl. Abschnitt 2.3.) erfüllen. Theoretisch ist die Einsatzflexibilität in diesem Szenario am höchsten, da fast jeder klimatisierte Raum in der Hochschule mit wenig zusätzlichem Aufwand genutzt werden kann.

3.3.4. Nachteile

Die höhere Einsatzflexibilität wird in diesen Szenarien jedoch mit höheren technischen Rüstzeiten erkaufte. Diese werden im Folgenden kurz geschildert. Ob unter Einbezug der Rüstzeit solche Prüfungskonzepte als operative Szenarien skalierend praxistauglich sind, sollte jede Hochschule daher genau eruieren. Für beide Szenarien gilt, dass sie logistisch nachteilig sind, da eine hohe Anzahl Clients vom Aufbewahrungsort zum jeweiligen Einsatzort und hinterher wieder zurück transportiert werden müssen. Ferner muss für die Zeiten, in denen keine Prüfungen stattfinden, ein geeigneter alarmgesicherter Aufbewahrungsort für die Prüfungs-Clients gefunden werden.

Nachteile von temporär stationären E-Assessment-Centern für 150-199 Teilnehmende

Der wesentliche Nachteil dieses Szenarios besteht darin, dass alleine der Aufbau, das Testen und Sicherstellen der Funktionsfähigkeit der Prüfungsanlage die Rüstzeiten und damit die personellen Kosten dauerhaft steigen lassen. Laut einer Messung der Universität Wuppertal dauert der Aufbau von 50 Prüfungsplätzen und das Testen der Funktionsfähigkeit mit einem Team von drei spezialisierten Mitarbeitenden mindestens

einen halben Arbeitstag²⁵. Es ist davon auszugehen, dass die Rüstzeitberechnung eine weitestgehend lineare Funktion ist, sodass für 150 Prüfungsplätze bei drei spezialisierten Mitarbeitenden somit zwei Tage Rüstzeit als Vorbereitung einkalkuliert werden sollten.

Die Zeit für den Abbau dürfte zwar etwas, aber nicht wesentlich niedriger sein, wodurch sich insgesamt ergibt, dass für 150 Prüfungsplätze mit mindestens vier Tagen Rüstzeit für Auf- und Abbau bei drei spezialisierten Mitarbeitenden pro Prüfungszeitraum kalkuliert werden sollte.

Nachteile von mobilen E-Assessment-Centern für 150-199 Teilnehmende

Neben der Rüstzeit für den Aufbau der Clients, die auch anfällt, wenn drahtlose Netzwerkverbindungen zum Einsatz kommen sollen, ist die technische Konfiguration der drahtlosen Netze komplex (vgl. Abschnitt 2.3.5). Für E-Examinations müssen die über Wi-Fi am Prüfungsort verfügbaren Netze als gesicherte und limitierte VLAN²⁶ konfiguriert werden. Diese Konfiguration darf nur während der Prüfungszeit gelten. Um ein skalierendes Einsatzszenario für mobile E-Assessment-Center zum Praxiseinsatz zu bringen, müssen diese technischen Netzwerkbedingungen auf Knopfdruck am Prüfungsort zur Verfügung stehen und nach der Prüfung auch wieder per Knopfdruck deaktiviert werden können. Der nachfolgende Vorlesungs- bzw. Seminarbetrieb darf nicht beeinträchtigt werden. Inwieweit eine solches Szenario vor dem Hintergrund einer gewünschten Skalierbarkeit technisch beherrschbar ist, muss im Einzelfall geprüft werden. Der Vollständigkeit halber zu erwähnen ist an dieser Stelle, dass derzeit gänzlich von Bring-Your-Own-Device-Szenarien (BYOD) abzuraten ist, bei denen die Prüfungsteilnehmende E-Examinations auf eigenen Prüfungs-Clients (z. B. Laptops) durchführen²⁷, da diese technisch nicht in einen ausreichend betrugssicheren Modus für E-Examinations versetzt werden können.

3.3.5. Umsetzungsbeispiele

Im deutschsprachigen Gebiet wird ein *temporär stationäres E-Assessment-Center* z. B. an der Universität Wuppertal zum Einsatz gebracht. Für *mobile E-Assessment-Center* wie oben beschrieben, die in Eigenregie an Hochschulen betrieben werden, liegen derzeit noch keine Erfahrungsberichte vor. Erprobt werden diese Szenarien seit einiger Zeit an den Universitäten Leipzig und Halle. Einen ähnlichen Ansatz bietet das Unternehmen IQuL als Komplettservice mit dem Produkt Q-Exam²⁸ an. In diesem Fall wird die gesamte drahtlose Prüfungsinfrastruktur und der technische Beaufsichtigungsservice von IQuL für den Prüfungseinsatz angemietet. Inwiefern die für Miete²⁹ anfallenden Kosten durch die Effizienzsteigerung dennoch überkompensiert werden, sollte genau betrachtet werden.

3.3.6. Grobschätzung der Investitionskosten

Für 150 PC- bzw. Laptop-Clients, die im Masseneinsatz robust sind und mit fünfjährigen Herstellersupport ausgestattet sind, sind ca. 200.000 € anzusetzen. Die für das temporär stationäre E-Assessment-Center erforderlichen Netzwerkswitches und Netzverkabelung sind mit schätzungsweise 20.000 € anzusetzen. Sofern die Räume mit Klimatisierungstechnik ausgestattet werden müssen, muss auch diese noch eingezogen

²⁵ Vgl. Spehr 2016

²⁶ Vgl. Wikipedia-Autoren 2017b

²⁷ Vgl. Dawson 2016 und Fußnote S. 7

²⁸ Vgl. <http://www.q-exam.net/>

²⁹ Die Miete wird auf Grundlage eines individuellen Angebotes festgelegt.

werden. Die hierfür anfallenden Kosten können jedoch qua jeweils räumlicher Besonderheiten an dieser Stelle nicht geschätzt werden.

Mangels Praxisbeispielen sind für mobile E-Assessment-Center mit 150 PC- bzw. Laptop-Clients hinaus keine seriösen Schätzungen der Investitionskosten möglich. Weitere Kosten fallen für die rechts- also betrugs- und ausfallsichere Konfiguration der drahtlosen Netzinfrastruktur an.

Nach ca. fünf Jahren müssen sowohl Server als auch Clients erneuert werden, was zu Folgeinvestitionen in Höhe von schätzungsweise 230.000€ führt.

3.3.7. Dauerhafte personelle Ressourcen

Für den operativen Dauerbetrieb eines temporär stationären E-Assessment-Centers mit 150 oder mehr Prüfungsplätzen ist mit drei wissenschaftlichen Dauerstellen (E13) und weiteren studentischen Stellen zu kalkulieren. Inwieweit unterstützende Prüfungsaufsicht von studentischen Hilfskräften durchgeführt werden kann, sollte arbeitsrechtlich eruiert werden. Die jährlichen Personalaufwendungen bewegen sich somit im Bereich von ca. 270.000 €.

Stellen	Aufgaben
Wissenschaftliche Stellen	<ul style="list-style-type: none">• Koordination des Gesamtbetriebs• Vertretung der Koordination• Zeitplanung des Prüfungsbetriebs• Formaldidaktische Prüfungsberatung für Lehrende vor der Prüfung (z. B. Testtheorie und Lernziele beim Kompetenzerwerb, Split-Attention-Effect)• Qualitätssichernde Prüfungsberatung für Lehrende nach der Prüfung (z. B. Statistische Kennziffern wie Trennschärfe und Schwierigkeitsgrad)• Auf- und Abbau der Prüfungsanlage
Studentische Hilfskräfte	<ul style="list-style-type: none">• Unterstützung des Supports• Unterstützung der technischen Wartung der Gesamtanlage• Unterstützung der Prüfungsvorbereitung, der Prüfungsdurchführung und der Prüfungsnachbereitung• Unterstützung beim Auf- und Abbau der Prüfungsanlage

³⁰ Vgl. Ayres und Sweller 2014

4. ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Der vorliegende Artikel nähert sich der Frage, welche Bedingungen Hochschulen erfüllen müssen, um E-Assessments anbieten zu können. Er bietet Hinweise darauf, welche technischen und bauplanerischen Bedingungen erfüllt sein sollten, um diese nach dem gegenwärtigen Stand nachhaltig rechtssicher durchführen zu können.

Im Folgenden werden tabellarisch die zu berücksichtigenden Aspekte der vorangegangenen Abschnitte zusammengefasst.

4.1. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Die Berücksichtigung der rechtlichen Grundlagen ist obligatorisch.

Rechtliche Grundlagen	Kurzbeschreibung
vgl. Abschnitt 2.2.	Eine <u>normative Grundlage</u> muss in Prüfungsordnungen gegeben sein, da E-Examinations keine Varianten schriftlicher Prüfungen darstellen.
	Die <u>Prüfungsfähigkeit der Teilnehmenden</u> darf nicht durch einen Mangel der Prüfungsbedingungen (z. B. Lärm, Hitze oder Kälte) beeinträchtigt werden.
	<u>Datenschutzrechtliche Aspekte</u> müssen bei der Konfiguration des Zugangs zur Prüfungssoftwarelösung berücksichtigt werden mit dem Ziel mögliche Angriffsvektoren zu minimieren (vgl. Abschnitt 2.4.1).
	Ab einer Anzahl von 200 Prüfungsteilnehmenden in einem Raum müssen die bundeslandspezifischen <u>Versammlungsstättenverordnungen</u> berücksichtigt werden. Diese müssen in besondere bauplanerische Sicherheitsbedingungen übersetzt werden.

4.2. BAUPLANERISCHE UND RAUMTECHNISCHE VORAUSSETZUNGEN

Da nicht alle bauplanerischen und raumtechnischen Voraussetzungen gleich wichtig sind, sind diese auf einer Skala von 1 (nachrangig) bis 3 (obligatorisch) gewichtet.

Bauplanerische und raumtechnische Voraussetzungen	Kurzbeschreibung	Gewichtung
vgl. Abschnitt 2.3	<u>Einbruch und Diebstahlsicherung</u> : Raum muss mittels Alarmanlagen und Bewegungsmeldern gesichert sein.	2
	<u>Klimatisierung und Belüftung</u> : eine schwankende Anzahl an Prüfungsteilnehmenden und wechselnde Außentemperaturen müssen durch eine leistungsfähige Klimatisierungsanlage kompensiert werden.	3
	<u>Verdunklung und Beleuchtung</u> : direkte Sonneneinstrahlung ist zu verhindern, weil die Bildschirmhalte sonst schlecht lesbar sind. Im Raum muss daher für ausreichend Beleuchtung gesorgt werden.	3
	<u>Akustik und Schallschutz</u> : konzentriertes Arbeiten muss ermöglicht werden.	3
	<u>Netzwerkanbindung und Stromversorgung</u> : kabelgebundene Netzwerke sind stabiler. Die Konfiguration von drahtlosen Netzwerken ist komplexer und erhöht die Wartungskosten. Stromversorgung über Akku-Betrieb ist nicht empfehlenswert, da Akkus Alterungseffekten unterliegen.	2
	<u>Anordnung der Prüfungsplätze (und Verhinderung von Betrugsversuchen)</u> : die Tischanordnung kann auf eine hohe Anzahl von Prüfungsteilnehmenden optimiert werden. Betrugsversuche können mittels harter Countermeasures (z. B. Trennwände oder in Tische eingelassene Bildschirme) unterbunden werden. Diese erhöhen ggf. den Rüstzeitaufwand und senken die Einsatzflexibilität. Es sollte überlegt werden, ob weiche Countermeasures (z. B. Randomisieren der Aufgaben) ausreichend sind.	2
	<u>Administrative Bereiche</u> : können bei Neubau bzw. Neueinrichtung mitbedacht werden.	3
	<u>Warte- und Anmeldebereiche für Teilnehmende</u> : ausreichend große Wartebereiche für Prüfungsteilnehmende sind wichtig. Anmeldebereiche verzögern den Einlass und skalieren daher vermutlich nicht.	3
	<u>Garderobebereiche</u> : sollten sich am besten nicht im Prüfungsraum selbst befinden, sondern als Schließfächer davor.	2
	<u>Sanitäre Einrichtungen</u> : müssen sich in unmittelbarer Nähe zum Prüfungsraum befinden und barrierefrei erreichbar sein.	1

4.3. IT- UND MEDIEN- TECHNISCHE BEDINGUNGEN

IT- und medientechnische Bedingungen	Kurzbeschreibung
vgl. Abschnitt 2.4.	<p><u>Prüfungsserver</u>: sollten redundant ausgestaltet sein, um die Sicherheit, die Integrität und die Verfügbarkeit der Prüfungsdaten zu gewährleisten. Ein Test- und Stagingssystem, um Updates testen zu können, ist empfehlenswert.</p>
	<p><u>Prüfungs-Clients</u>: sollten leise sein und langen Herstellersupport haben. Tablets sind nur bedingt für einen fächerübergreifenden Einsatz in E-Examinations geeignet</p>
	<p><u>Prüfungssoftwarelösungen</u>: anhand einer genauen Kostenschätzung ist zu eruieren, ob Lösungen unter freier Lizenz oder kommerzielle Lösungen langfristig geringere Vollkosten ergeben. Eine Nutzung von in LMSe integrierten Prüfungsmodulen hat den Vorteil, dass die Einarbeitungszeit für Lehrende kürzer ist, hat aber den Nachteil, dass viele LMSe auch außerhalb des Hochschulnetzwerks zugänglich sind. Eine separate Prüfungsinstallation sollte aus Datenschutzgründen erwogen werden, um die Anzahl möglicher Angriffsvektoren zu reduzieren. Bei einer rein client-basierten Prüfungssoftwarelösung ist das Risiko von Datenverlust hoch.</p>
	<p><u>Anlagensteuerung der Prüfungs-Clients</u>: homogene Rechnerarchitektur ist empfehlenswert, um Administration und Konfiguration mittels zentraler Client-Management-Tools zu ermöglichen.</p>

4.4. RAUMSZENARIEN FÜR E-ASSESSMENTS

Im Folgenden findet sich eine Zusammenfassung der in Abschnitt 3. beschriebenen Raumszenarien und eine Bewertung (gering, mittel, hoch) entlang folgender Kriterien:

- Investitionskosten
- Laufende Kosten
- Prüfungsplanungsaufwand
- Rüstzeitaufwand
- Einsatzflexibilität
- Komplexität der Anlage

E-Assessment-Center im Vergleich
Zusammenfassung und Bewertung

Kurztitel	E-Assessment-Center	Center in großem PC-Pool	Center in mehreren PC-Pools	temporär stationäres Center	mobiles Center
Vgl. Abschnitt	Abschnitt 3.1	Abschnitt 3.2	Abschnitt 3.2	Abschnitt 3.3	Abschnitt 3.3
<u>Beschreibung:</u>	Betriebskonzept ist ausschließlich auf die Durchführung von E-Assessments ausgerichtet	Ein großer PC-Pool wird neben anderen Nutzungsszenarien auch für die Durchführung von E-Assessments genutzt.	Mehrere kleinere PC-Pools werden neben anderen Nutzungsszenarien auch für die Durchführung von E-Assessments genutzt.	Über einen längeren Prüfungszeitraum werden wechselnde Räume temporär als stationäres Center eingerichtet.	Laptops werden flexibel in beliebigen Räumen auf- und abgebaut.
<u>Prüfungstypen:</u>	diagnostische, formative und summative Prüfungen	diagnostische, formative und summative Prüfungen	diagnostische, formative und summative Prüfungen	diagnostische, formative und summative Prüfungen	diagnostische, formative und summative Prüfungen
<u>Investitionskosten:</u>	hoch	mittel	mittel	mittel, sofern Klimatisierung und Sonnenschutz schon vorhanden ist	mittel, sofern Klimatisierung und Sonnenschutz schon vorhanden ist
<u>Laufende Kosten:</u>	gering, da Administration einfach	gering	hoch, da mehr technisches und fachdidaktisches Aufsichtspersonal qua Anzahl der Räume erforderlich ist	hoch, da mehr technisches Personal für Auf- und Abbau der Prüfungsanlage erforderlich ist	hoch, da mehr technisches Personal für Auf- und Abbau der Prüfungsanlage erforderlich ist
<u>Prüfungsplanungsaufwand</u>	gering, da nur für Prüfungen vorgesehen	hoch, da unterschiedliche Betriebsvarianten um den Raum konkurrieren	mittel, da unterschiedliche Betriebsvarianten um den Raum konkurrieren, jedoch mehrere Räume zur Verfügung stehen.		
<u>Rüstzeitaufwand:</u>	gering, da Konfiguration stabil	mittel, da die Nutzungsmodi umgestellt werden müssen	mittel, da die Nutzungsmodi umgestellt werden müssen	hoch, da Prüfungsanlage auf- und abgebaut werden muss	hoch, da häufiger Auf- und Abbau der Prüfungsanlage
<u>Einsatzflexibilität:</u>	gering, da auf Prüfungen optimiert	hoch	hoch	hoch	hoch
<u>Komplexität der Anlage:</u>	gering	mittel	mittel	mittel	hoch, da die technischen Prüfungsbedingungen in häufig wechselnden Räumen realisiert werden müssen

4.5. FAZIT

E-Assessments sind mithilfe unterschiedlicher Raumszenarien umsetzbar. Welches Raumszenario sich für die jeweilige Hochschule eignet, muss fallweise entschieden werden. Es zeigt sich, dass sich genuine E-Assessment-Center aus rechtlicher und somit technischer Sicht am besten für E-Assessments eignen, da die Prüfungsanlage dauerhaft unverändert in einem einsatzbereiten und sicheren Zustand verbleibt. Sie haben dadurch zwar im Verhältnis zu anderen Raumszenarien geringe laufende Kosten, weisen jedoch abseits der Prüfungen nur eine geringe Flexibilität für andere Nutzungskonzepte und hohe initiale Investitionskosten auf.

Prüfungen in PC-Pools sind ebenfalls realisierbar, haben aber den Nachteil der geteilten Nutzungskonzeption. Diese führt mit gewisser Wahrscheinlichkeit zu Konkurrenz in der Nutzung und erfordert daher höheren Aufwand bei der Nutzungsplanung. Das Umschalten der Nutzungsmodi kann eine mögliche Fehlerquelle im laufenden Betrieb darstellen. Der personelle Aufwand für technische und fachdidaktische Aufsicht ist bei der Variante mit mehreren PC-Pools hoch.

Temporäre E-Assessment-Center weisen die höchste Einsatzflexibilität auf, sofern die bauplanerischen Bedingungen wie Klimatisierung und Sonneinstrahlung bei der Auswahl geeigneter Räume berücksichtigt wurden. Der Rüstzeitaufwand für Auf- und Abbau der Prüfungsanlage ist in diesem Raumszenario im Vergleich zu den anderen Raumszenarien am höchsten. Gleiches gilt für die technische Umsetzung von sicheren Prüfungsbedingungen, die in diesem Szenario am komplexesten ist. Dies bedingt, dass auch die laufenden Kosten im Vergleich zu den anderen Raumszenarien am höchsten sind.

5. LITERATURVERZEICHNIS

Ayres, Paul; Sweller, John (2014): The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In: Richard E. Mayer (Hg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. 2nd. Ed. New York: Cambridge University Press (Cambridge Handbooks in Psychology), S. 206–226.

Bücking, Jens (2014): Gestaltung geschlossener Fragen für Übungen und Prüfungen. Hg. v. Technische Universität Darmstadt. Darmstadt. Online verfügbar unter http://www.eassessment.uni-bremen.de/documents/FoliensatzWorkshopTU-Darmstadt2014_buecking.pdf, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

Bundestag (14.01.2003): Bundesdatenschutzgesetz. BDSG. Online verfügbar unter <https://dejure.org/gesetze/BDSG/1.html>, zuletzt geprüft am 21.12.2016.

Crisp, Geoffrey (2007): The E-Assessment Handbook. London: Continuum.

Dawson, Phillip (2016): Five ways to hack and cheat with bring-your-own-device electronic examinations. In: *Br J Educ Technol* 47 (4), S. 592–600. DOI: 10.1111/bjet.12246.

Forgó, Nikolaus; Graupe, Simon; Pfeiffenbring, Julia (2016): Rechtliche Aspekte von E-Assessments an Hochschulen. DuEPublico: Duisburg-Essen Publications Online, University of Duisburg-Essen, Germany. Online verfügbar unter http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-42793/Gutachten_E-Assessment_NRW.pdf, zuletzt geprüft am 22.12.2016.

Freie Universität Berlin (22.08.2013): Rahmenstudien- und prüfungsordnung der Freien Universität Berlin. RSPO. Online verfügbar unter <http://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2013/ab322013.pdf>, zuletzt geprüft am 19.11.2016.

Innenministerium des Freistaats Sachsen (20.05.2008): Verordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten. VStättVO. Online verfügbar unter <http://www.landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/?quelle=jlink&query=VSt%C3%A4ttV+ST&psml=bssahprod.psml&max=true>, zuletzt geprüft am 10.12.2016.

Mayer, Horst O.; Hertnagel, Johannes; Weber, Heidi (2009): Lernzielüberprüfung im E-Learning. München: Oldenbourg.

Niehues, Norbert; Fischer, Edgar; Jeremias, Christoph (2014): Prüfungsrecht. 6., neubearbeitete Auflage. München: C. H. Beck (NJW-Praxis, 27,2).

o. V. (2007): Effective Practice with e-Assessment: An overview of technologies, policies and practice in further and higher education. In: *Joint Information Systems Committee (JISC)*. Online verfügbar unter http://www.jisc.ac.uk/publications/programmerelated/2007/pub_eassesspracticeguide.aspx, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

o. V. (2008): Guiding Principles of the Convention. Hg. v. United Nations. Division for Social Policy and Development - Disability. New York. Online verfügbar unter <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities/guiding-principles-of-the-convention.html>, zuletzt geprüft am 30.12.2016.

o. V. (2016): IMS Question & Test Interoperability Specification. Hg. v. IMS Global Learning Consortium. Online verfügbar unter <https://www.imsglobal.org/question/index.html>, zuletzt geprüft am 29.12.2016.

Schulz, Alexander; Apostolopoulos, Nicolas (2011): eExaminations Put To Test - Potenziale computergestützter Prüfungen. In: *Hamburger E-Learning Magazin* (07), S. 37–39. Online verfügbar unter <http://www.uni-hamburg.de/elearning/hamburger-elearning-magazin-07.pdf>, zuletzt geprüft am 04.12.2016.

Schulz, Alexander; Dietz, Jochen (2014): E-Examinations at a Glance: Computergestützte Prüfungen an der Freien Universität Berlin. Hg. v. Freie Universität Berlin. Berlin. Online verfügbar unter http://www.e-examinations.fu-berlin.de/literatur_und_praesentationen/e-examinations_-_aschulz_-_GML_2014.pdf, zuletzt geprüft am 22.12.2016.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung des Landes Berlin (10.10.2007): Verordnung über den Betrieb von baulichen Anlagen - Betriebsverordnung. BetrVO. Online verfügbar unter <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/download/bauen/BetrV.pdf>, zuletzt geprüft am 10.12.2016.

Spehr, Stefan (2016): Raumaufbau bei E-Prüfungen an der Universität Wuppertal (epruefungen_raumaufbau.mp4). Online. Online verfügbar unter https://rwth-aachen.sciebo.de/index.php/s/wY1EUWktaPuXTN4/download?path=%2FTag%20%2FFO5%20-%20VF2%2FVortrag%204&files=epruefungen_raumaufbau.mp4, zuletzt geprüft am 13.12.2016.

Wikipedia Contributors (2017): Nested RAID levels. Hg. v. The Free Encyclopedia Wikipedia. Online verfügbar unter

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nested_RAID_levels&oldid=758133930, zuletzt geprüft am 04.01.2017.

Wikipedia-Autoren (2017a): GNU General Public License. Hg. v. Die freie Enzyklopädie Wikipedia. Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=GNU_General_Public_License&oldid=161737093, zuletzt geprüft am 18.01.2017.

Wikipedia-Autoren (2017b): Virtual Local Area Network. Hg. v. Die freie Enzyklopädie Wikipedia. Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtual_Local_Area_Network&oldid=161518347, zuletzt geprüft am 09.02.2017.

Wollersheim, Heinz-Werner (2015): Qualitätssicherung elektronischer Prüfungen mit geschlossenen Aufgaben-Formaten. In: Nicolas Apostolopoulos, Alexander Schulz und Wolfgang Coy (Hg.): Grundfragen multimedialen Lehrens und Lernens: E-Examinations: Chances and Challenges [Tagungsband]. Münster: Waxmann, S. 89–99.