

Die Cloud für Schulen in Deutschland: Konzept und Pilotierung der Schul-Cloud

Christoph Meinel, Jan Renz, Catrina Grella, Nils Karn,
Christiane Hagedorn

Technische Berichte Nr. 116

des Hasso-Plattner-Instituts für
Softwaresystemtechnik
an der Universität Potsdam



Christoph Meinel | Jan Renz | Catrina Grella | Nils Karn | Christiane Hagedorn

Die Cloud für Schulen in Deutschland

Konzept und Pilotierung der Schul-Cloud

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de/> abrufbar.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

IN KOOPERATION MIT

MINTec 
Das nationale
Excellence-Schulnetzwerk

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Cloud-Strukturen & -Dienste für Schulen: Konzepterstellung einer Schul-Cloud – Pilotprojekt“ wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor/innen.

Universitätsverlag Potsdam 2017

<http://verlag.ub.uni-potsdam.de/>

Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam
Tel.: +49 (0)331 977 2533 / Fax: 2292
E-Mail: verlag@uni-potsdam.de

Die Schriftenreihe **Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam** wird herausgegeben von den Professoren des Hasso-Plattner-Instituts für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam.

ISSN (print) 1613-5652
ISSN (online) 2191-1665

Das Manuskript ist urheberrechtlich geschützt.
Druck: docupoint GmbH Magdeburg

ISBN 978-3-86956-397-8

Zugleich online veröffentlicht auf dem Publikationsserver der Universität Potsdam:
URN [urn:nbn:de:kobv:517-opus4-103858](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-103858)
<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-103858>

Zusammenfassung

Die digitale Entwicklung durchdringt unser Bildungssystem, doch Schulen sind auf die Veränderungen kaum vorbereitet: Überforderte Lehrer/innen, infrastrukturell schwach ausgestattete Unterrichtsräume und unzureichend gewartete Computernetzwerke sind keine Seltenheit. Veraltete Hard- und Software erschweren digitale Bildung in Schulen eher, als dass sie diese ermöglichen: Ein zukunftssicherer Ansatz ist es, die Rechner weitgehend aus den Schulen zu entfernen und Bildungsinhalte in eine Cloud zu überführen.

Zeitgemäßer Unterricht benötigt moderne Technologie und eine zukunftsorientierte Infrastruktur. Eine Schul-Cloud¹ kann dabei helfen, die digitale Transformation in Schulen zu meistern und den fächerübergreifenden Unterricht mit digitalen Inhalten zu bereichern. Den Schüler/innen und Lehrkräften kann sie viele Möglichkeiten eröffnen: einen einfachen Zugang zu neuesten, professionell gewarteten Anwendungen, die Vernetzung verschiedener Lernorte, Erleichterung von Unterrichtsvorbereitung und Differenzierung. Die Schul-Cloud bietet Flexibilität, fördert die schul- und fächerübergreifende Anwendbarkeit und schafft eine wichtige Voraussetzung für die gesellschaftliche Teilhabe und Mitgestaltung der digitalen Welt. Neben den technischen Komponenten werden im vorliegenden Bericht ausgewählte Dienste der Schul-Cloud exemplarisch beschrieben und weiterführende Schritte aufgezeigt.

Das in Zusammenarbeit mit zahlreichen Expertinnen und Experten am Hasso-Plattner-Institut (HPI) entwickelte und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Konzept einer Schul-Cloud stellt eine wichtige Grundlage für die Einführung Cloud-basierter Strukturen und -Dienste im Bildungsbereich dar. Gemeinsam mit dem nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC als Kooperationspartner startet ab sofort die Pilotphase. Aufgrund des modularen, skalierbaren Ansatzes der Schul-Cloud kommt dem infrastrukturellen Prototypen langfristig das Potential zu, auch über die begrenzte Anzahl an Pilotschulen hinaus bundesweit effizient eingesetzt zu werden.

Keywords. Digitale Bildung, Schule, IT-Infrastruktur, Cloud

¹<https://hpi.de/schul-cloud>.

Abstract

Digitalization is transforming our education system. At the same time, schools are inadequately prepared to meet the changes taking place. Overwhelmed teachers, poorly equipped infrastructures in the classroom, and insufficient computer networks reflect the current situation. Instead of facilitating digital education, outdated hard- and software only hinder innovative teaching and learning. A “future-proof” approach involves the transfer of educational content in schools from the computer to the cloud.

Modern education requires state-of-the-art technology and a future-oriented infrastructure. The School Cloud² can help to achieve digital transformation in schools and to enhance interdisciplinary lessons with digital content. Such a cloud opens up new possibilities for pupils and teachers: easy access to the latest, professionally maintained applications; interconnectivity of different learning venues; optimal lesson preparation; and differentiation. School Cloud offers flexibility, promotes cross-curricular and interdisciplinary application, and fulfills an important prerequisite for social participation in creating the digital world. In addition to the technical components, this report describes selected School Cloud services by way of example and outlines further steps.

Developed in cooperation with the experts at Hasso Plattner Institute (HPI) and funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), School Cloud provides an important foundation for the introduction of cloud-based infrastructures and educational services. The pilot phase—in conjunction with the excellence school network MINT-EC—has already begun. By reason of its modular, scalable approach, School Cloud’s infrastructural prototype has the long-term potential of efficient deployment—extending far beyond the limited number of pilot schools and across the nation.

Keywords. Digital education, school, IT-infrastructure, cloud

²<https://hpi.de/schul-cloud>.

Vorwort

Um Kinder schon im Schulalter auf das Leben in einer zunehmend digitalisierten Welt vorzubereiten, ist ein zeitgemäßer Unterricht mit moderner Technologie und digitalen Inhalten unabdingbar. Während im Alltag digitale Geräte allgegenwärtig sind, stellt ihr Einsatz viele Schulen noch vor große Herausforderungen. Die Einrichtung einer Schul-Cloud bietet hierfür einen zukunftssicheren Ansatz, mit dem Jugendliche fächerübergreifend auf professionell gewarteten IT-Systemen neueste digitale Lehrangebote nutzen können. An verschiedenen Lernorten braucht es lediglich internetfähige Anzeige- sowie Eingabegeräte, um Zugang zu allen verfügbaren digitalen Bildungsangeboten zu erhalten. Vorhandene und künftige Lernmodule lassen sich problemlos integrieren und werden leicht auffindbar bereitgestellt. Das Hasso-Plattner-Institut entwickelt daher eine Schul-Cloud – unter Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie in Kooperation mit dem nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC. Die Umsetzung des Pilotprojekts stellt im föderal strukturierten System der Bundesrepublik Deutschland eine gesellschaftliche Herausforderung dar, die unter Berücksichtigung aller Akteure sowie Aspekte diskutiert und in abgestimmten Schritten angegangen wird. Die Komplexität ist nicht zu unterschätzen, das Potenzial dieses innovativen Ansatzes zugleich enorm. Nutzen wir es, indem wir uns digitalen Lehr- und Lernprozessen öffnen und diese systematisch weiterentwickeln.

Prof. Dr. Christoph Meinel
Institutsdirektor & CEO Hasso-Plattner-Institut

Das nationale Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC hat sich der Vernetzung und Weiterentwicklung vorbildlicher und leistungsstarker Gymnasien mit MINT-Profil auf höchstem Niveau verschrieben. Das bundesweite Pilotprojekt „Schul-Cloud“ bietet dem MINT-EC-Netzwerk eine besondere Möglichkeit, die Digitalisierung im schulischen Bereich zu entwickeln, voranzutreiben und zeitgemäße Cloud-Technologien zu erproben. Dabei freuen wir uns, mit dem Hasso-Plattner-Institut einen technisch versierten und hochprofessionellen Partner an unserer Seite zu haben. Für unsere Schulen wird es darauf ankommen, eine Cloud-Infrastruktur zu erhalten, die bedienerfreundlich, nutzbringend und vor allem pädagogisch sinnvoll einsetzbar ist. Das MINT-EC-Netzwerk wird in den einzelnen Projektphasen das tun, was es am besten kann: Intensiven fachlichen Austausch auf Ebene der Schulleitungen und Lehrkräfte sowie die Identifizierung und Verbreitung von Best-Practice in der Organisation, der Weiterbildung und beim Unterricht zu organisieren. Je schneller dabei die Vorteile der Schul-Cloud der einzelnen Lehrkraft deutlich werden, desto schneller können Vorbehalte überwunden und der „digitale Rückstand“ zu anderen europäischen Ländern verringert werden. Wir freuen uns auf die Umsetzung dieses anspruchsvollen und spannenden Projekts, das geeignet ist, das „I“ in MINT nachhaltig zu stärken!

Wolfgang Gollub
Vorstandsvorsitzender MINT-EC

Inhaltsverzeichnis

1	Die Schul-Cloud im Überblick	11
2	Die Cloud im Spannungsfeld von Lernpraxis, Schulorganisation und Politik	12
2.1	Vom Computerraum zum vernetzten Lernen in der Schul-Cloud . . .	12
2.2	Schulpolitischer Kontext	13
2.3	Die größten Herausforderungen und Lösungsansätze für digitale Bildung an Schulen	14
2.4	Zielgruppe für die Pilotphase	17
2.5	Anwendungsszenarien der Schul-Cloud	17
3	Technische Aspekte der Schul-Cloud	19
3.1	Die Schul-Cloud als Mehrschichtenmodell	19
3.1.1	Serverseitige Virtualisierungstechnologien	20
3.1.2	IaaS – Infrastructure as a Service	21
3.1.3	PaaS – Platform as a Service / CaaS – Container as a Service	21
3.1.4	SaaS – Software as a Service	22
3.2	Tech-Stack	23
3.2.1	JavaScript / Node.js	26
3.2.2	ReactJS	26
3.2.3	Feathers / Express	26
3.2.4	MongoDB	27
3.2.5	PostgreSQL	27
3.2.6	Elasticsearch	27
3.2.7	Docker und Kubernetes	27
3.3	Skalierbarkeit	28
3.4	Continuous Integration & Development	28
3.5	Privacy & Security	29
3.5.1	Datenschutz	29
3.5.2	Security	30
4	Dienste und Komponenten der Schul-Cloud	32
4.1	Inhalte-Dienst	32
4.1.1	Datenmodell	33
4.1.2	Katalogisieren von Inhalten	34
4.1.3	Such- und Empfehlungsdienst	35
4.2	Cloud-kompatible Erstellung von Lehrmaterialien	35
4.3	Benachrichtigungsdienst	35

4.4	Kalender	37
4.5	Dateimanagement	39
4.6	Hausaufgaben und sonstige Aktivitäten	40
4.7	Kollaboration	40
4.8	Learning Analytics	40
4.9	Single Sign-on – Ein Login für alle Dienste	41
4.9.1	Registrierungsprozess	41
4.10	Schul-Cloud Server	42
4.11	Webclient/Frontend	42
4.12	Mobile native Apps	43
5	Nächste Schritte auf dem Weg zur Schul-Cloud	45
5.1	Implementierung und Testung	45
5.2	Einbeziehung der 25 Pilotschulen aus dem MINT-EC-Netzwerk . . .	46
5.3	Bildungswissenschaftliche Begleitung	47

1 Die Schul-Cloud im Überblick

Die Schul-Cloud ist ein deutschlandweites, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Gemeinschaftsprojekt des Hasso-Plattner-Instituts (HPI) und des Vereins mathematisch-naturwissenschaftlicher Excellence-Center an Schulen e.V. (MINT-EC). Die Schul-Cloud will webbasierte Lerninhalte sowie Anwendungen über einen Zugang zur Verfügung stellen. Digitale Bildungsinhalte werden somit nicht mehr isoliert auf einzelnen Rechnern platziert, sondern durch die Schul-Cloud von überall aus abrufbar. Das schafft Flexibilität, fördert die Anwendbarkeit und vernetzt unterschiedliche Lernorte (Schule, unterwegs, Zuhause).

Für die Schulen bedeutet diese Lösung, dass sie keine eigenen Rechner und Netzwerke anschaffen, installieren, konfigurieren und administrieren müssen. Vielmehr werden dort lediglich einfache internetfähige Anzeige- und Eingabegeräte benötigt, die moderne Webseiten darstellen können, sowie eine gute Internetverbindung mit einem WLAN-Zugang. Neben dem Wegfall der Beschaffung von Schulrechnern liegt ein Vorteil vor allem in den eingesparten Administrationsaufgaben, die heute aufgrund fehlender Administrator/innen überwiegend nicht professionell und dadurch oft fehlerhaft durchgeführt werden.

Ziele der Schul-Cloud

- Einfachen Zugang zu digitalen Lehr- und Lerninhalten ermöglichen
- Lernbegleitung von Schüler/innen
- Grundlage bilden für ein reichhaltiges Angebot an digitalen Inhalten sowie Anwendungen
- Unterstützung bei der Zusammenarbeit von Schülergruppen
- Erleichterung der Stundenvorbereitung für Lehrkräfte
- Entlastung der Lehrkräfte von der IT-Administration
- Bereitstellung neuester und professionell gewarteter Anwendungen

Was bietet die Schul-Cloud?

Die Schul-Cloud als infrastrukturelle Lösung richtet sich an alle Beteiligten, die von einer digitalen Kommunikation innerhalb oder mit der Schule profitieren können. Die Schul-Cloud steht allen Beteiligten offen, ist leicht von jedem beliebigen Ort und Lernraum aus sowie zu jeder Zeit zugänglich. Die angestrebte Cloud-Struktur stellt eine zukunftssichere technologische Lösung für die aktuellen Herausforderungen im Kontext der Digitalisierung im Bildungsbereich dar.

2 Die Cloud im Spannungsfeld von Lernpraxis, Schulorganisation und Politik

Die Implementierung einer erfolgreichen Schul-Cloud erfordert eine Auseinandersetzung mit der Institution Schule und deren Umfeld. Nur so ist es möglich, die speziellen Anforderungen in diesem Bereich zu verstehen.

In Kapitel 2.1 wird zunächst die aktuelle Situation an den Schulen skizziert, bevor in Kapitel 2.2 auf den schulpolitischen Kontext eingegangen wird. Die besonderen Herausforderungen, die sich insbesondere bei der Administration, der Vernetzung und dem Datenschutz stellen, werden in Kapitel 2.3 erläutert. Abschließend werden die Zielgruppe der Pilotphase (siehe 2.4) sowie allgemeine Anwendungsszenarien der Schul-Cloud (siehe 2.5) beschrieben.

2.1 Vom Computerraum zum vernetzten Lernen in der Schul-Cloud

Die informationstechnische Ausstattung stellt viele Schulen vor große administrative und finanzielle Herausforderungen. Während im Alltag digitale Geräte längst omnipräsent sind, fristen sie in Schulen oft noch ein Nischendasein, sind selten in ausreichender Menge vorhanden und werden meist nicht fachgerecht administriert. Aufgrund kürzer werdender Produktzyklen und steigender Vielfalt an IT-Devices ist es vielen Schulen nicht möglich, ihren Schüler/innen im Unterricht eine adäquate IT-Ausstattung zu bieten. Diese Unzulänglichkeiten sind bei der Software noch viel gravierender, da eine kontinuierliche Aktualisierung selten gewährleistet wird. Ferner können Schulen aufgrund hoher Lizenz- und Personalkosten den Ansprüchen nur beschränkt nachkommen. Meist stehen Computer ausschließlich in bestimmten Rechnerräumen für den Informatikunterricht oder für Arbeitsgemeinschaften zur Verfügung. Dadurch können sie in anderen Unterrichtsfächern – beispielsweise für die schnelle Internetrecherche im Geschichtsunterricht oder für das Simulationsprogramm in Biologie – sowie zur Vor- und Nachbereitung des Unterrichts von den Schüler/innen und Lehrkräften nicht genutzt werden. In der Konsequenz erschweren diese Bedingungen, dass Kinder im Rahmen ihrer schulischen Laufbahn die notwendige digitale Bildung genießen können, die sie benötigen, um optimal für das Leben in einer zunehmend digitalen Gesellschaft vorbereitet zu sein.

Die Schul-Cloud kann maßgeblich dazu beitragen, das Potenzial der digitalen Welt im schulischen Lernalltag besser nutzbar zu machen, bestehende Hindernisse zu minimieren sowie Schul- und Bundesland übergreifende Synergien zu schaffen. Die Einrichtung der Schul-Cloud bietet eine zukunftssichere Lösung, um Schüler/innen die Möglichkeit zu bieten, flächendeckend neueste und professionell gewartete IT-Systeme sowie digitale Lerninhalte zu nutzen. Für Lehrkräfte bringt sie eine Entlastung von der Hardware-Verwaltung und -Pflege. Im Unternehmenskontext und im privaten Bereich zeigen Cloud-Lösungen und Software-as-a-Service (SaaS) bereits, wie einfach und effizient auf IT-Dienste über die Cloud zugegriffen werden kann.

Für einen zeitgemäßen Unterricht mit moderner Technologie benötigen wir eine zukunftsorientierte Lösung: die Schul-Cloud. Sie wird den digitalen Wandel in die Schulen bringen und den fächerübergreifenden Unterricht mit digitalen Inhalten bereichern. Für Schüler/innen, Lehrkräfte, Schulleitungen sowie Eltern bietet sie viele Vorteile, sobald die Rahmenbedingungen geschaffen sind. Die aktuell erschienene Basisstudie Jugend, Information, (Multi-) Media (JIM 2016)[5] zeigt, dass Computer beziehungsweise Internet bereits häufig für Hausaufgaben genutzt werden, allerdings der WLAN-Zugang, z. B. für den Zugriff von mobilen Endgeräten aus, lediglich in wenigen Schulen von den Schüler/innen genutzt werden kann.

2.2 Schulpolitischer Kontext

Cloud-Systeme und -Dienste in Schulen müssen als Teil „der Digitalisierung im schulischen Bereich [...] dem Primat des Pädagogischen“[4] folgen. Sie sollen nicht nur Schüler/innen sowie Lehrkräften helfen, die zunehmende Fülle an Informationen sowie diverse digitale Lehr-Lern-Möglichkeiten optimal zu erschließen und zu nutzen, sondern auch Schulen darin unterstützen, ihren Bildungs- und Sozialisierungsauftrag bestmöglich zu erfüllen. Auch können Cloud-Strukturen und -Dienste die Kooperation mit anderen Bildungs- und Forschungseinrichtungen fördern, indem Schulen beispielsweise aktuelle Forschungsergebnisse auf einfachem Wege zugänglich gemacht werden.

Die Schul-Cloud ist in einem komplexen Gefüge aus Maßnahmen, Bestrebungen und Richtlinien angesiedelt, die das Schulwesen bestimmen. Die Wirkungsbereiche der technischen Cloud-Systeme betreffen sowohl die Bereiche innerhalb von Schulen als auch die Interaktionen zwischen Schüler/innen, Lehrkräften, Eltern und der Schulverwaltung sowie übergreifende Strukturen, wie Schulverbunde, den schulpolitischen Rahmen sowie die kommunale und Länderebene. Cloud-Systeme können die Beteiligten über ihre gesamte Bildungslaufbahn sowie unterschiedliche Lernkontexte hinweg begleiten und an sich ändernde Ansprüche flexibel angepasst werden.

Aus den historisch gewachsenen Schulstrukturen und dem föderalistischen Bildungssystem Deutschlands ergeben sich ebenso große Herausforderungen wie aus einer verbreiteten Skepsis gegenüber Schulentwicklungsprozessen und technischen Neuerungen. Im Einklang mit einem umfassenden Verständnis von Digitalisierung

der Bildung betreffen Cloud-Strukturen und -Dienste für Schulen „die gesamte Wertschöpfung der Wissenserschließung und -kommunikation“[3] und führen zu umfassenden Veränderungen im Bildungssystem einschließlich der sich wandelnden Rolle von Lehrkräften (von der Wissensvermittlung hin zur Bildungsbegleitung).

Diese Rahmenbedingungen wurden von Beginn an bei der Konzeption der Schul-Cloud berücksichtigt, um einen erfolgversprechenden Ansatz zu entwickeln, der alle Beteiligten überzeugt und den Fortschritt des Bildungsstandorts Deutschland ermöglicht.

Anlässlich der Vorstellung der BMBF-Strategie „Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft“ machte die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Prof. Dr. Johanna Wanka, am 12. Oktober 2016 den Ländern das Angebot für einen DigitalPakt#D¹: Damit Schüler/innen digital lernen können, will das BMBF die digitale Ausstattung an allen Schulen in Deutschland in Milliardenhöhe fördern. Im Gegenzug sollen sich die Länder verpflichten, die entsprechenden pädagogischen Konzepte, die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften weiterzuentwickeln und auszubauen, Wartung und Betrieb der Infrastruktur sicherzustellen sowie gemeinsame technische Standards umzusetzen. Ein entscheidendes Element für den Aufbau leistungsfähiger digitaler Lerninfrastrukturen ist die Verfügbarkeit Breitbandiger Internetzugänge in den Schulen, welche ebenso mit dem DigitalPakt#D angestrebt wird.

Die Schul-Cloud leistet einen logisch stringenten Beitrag zu den Bundesaktivitäten im Bereich digitaler Bildung. Sie stellt ein ganzheitliches Konzept für Infrastrukturmaßnahmen – die Bereitstellung von Cloud-Kapazitäten, Breitbandanbindung von Schulen und WLAN-Ausstattung in den Schulen – dar, mit denen die breite Nutzung von digitalen Lehr- und Lerninhalten im Schulunterricht ermöglicht wird. Es gibt durch die Schul-Cloud keinerlei inhaltliche Vermischung der Verantwortlichkeiten – die Länder bleiben weiterhin für die Auswahl bzw. Empfehlung der digitalen Inhalte verantwortlich. Die Aufrechterhaltung, Pflege und den Betrieb der für die Bereitstellung notwendigen Infrastrukturen leisten weiterhin die Schulträger unter Inanspruchnahme von Fördermitteln aus dem DigitalPakt#D, dessen Ausgestaltung zwischen Bund und Ländern ab Januar 2017 diskutiert wird.

2.3 Die größten Herausforderungen und Lösungsansätze für digitale Bildung an Schulen

Durch die Rückmeldung interessierter MINT-EC-Schulen zu ihren infrastrukturellen Rahmenbedingungen konnten drei Herausforderungen (Netzwerk-Infrastruktur und Administration, Vernetzung sowie Datenschutz) identifiziert

¹Siehe <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2016/10/2016-10-12-digitalpakt-wanka.html>, letzter Zugriff: 10.01.2017.

werden. Im Folgenden werden diese Herausforderungen beschrieben und die Lösungsansätze der Schul-Cloud kurz erläutert.

Herausforderung: Netzwerk-Infrastruktur und Administration

Die Netzwerk-Infrastruktur an deutschen Schulen ist von unterschiedlicher Qualität. Selbst an Schulen mit einer guten Anbindung verschiedener Lernorte und hoher Netzgeschwindigkeit/Bandbreite mangelt es an infrastruktureller Unterstützung für die im schulischen Umfeld notwendigen Nutzungsszenarien.

Die Administration von Servern und Endgeräten wird häufig durch fachfremdes Personal durchgeführt. Das führt dazu, dass in Schulnetzen oft veraltete sowie unsichere Software läuft. Nicht selten werden diese in Form von Bot-Netzen missbraucht².

Schul-Cloud-Lösung: Rechner aus der Schule in die Cloud

Damit digitale Medien und die im schulischen Kontext verfügbaren Ansätze nicht zu Hindernissen für digitale Bildung werden, sondern die Lehrenden unterstützen und ihre Arbeit erleichtern, sollen die Rechner aus den Schulen heraus gebracht und die Bildungsinhalte in eine Cloud überführt werden. Anstelle von stör- und sicherheitsanfälligen Rechnern sollen einfache Anzeige- und Eingabegeräte genutzt werden, die Webinhalte anzeigen können.

In der Pilotphase der Schul-Cloud sollen unterschiedliche Konzepte getestet werden (Bring Your Own Device, Tablet-Klassensätze, u. a.). Durch die Verlagerung von Servern aus den Schulen in die Schul-Cloud hinein können Wartung und Sicherheit aller Softwareschichten verbessert und Dienste übergreifend sowie mandantenfähig³ bereitgestellt werden (Software-as-a-Service, SaaS).

Herausforderung: Vernetzung

Im Rahmen der unterschiedlichen Hoheitsbereiche von Ländern und Kommunen haben sich bisher kaum erfolgreiche gemeinschaftliche Infrastruktur-Konzepte und -Lösungen herausgebildet. Die fehlende Vernetzung lässt nicht nur Synergien ungenutzt, sondern stellt eine zusätzliche Hürde für die Digitalisierung der Schulen sowie der Angleichung von Schul- und Lebenswelt dar. Die am Markt vorhandenen Akteure – engagierte Lehrkräfte, Initiativen und sogenannte EdTech-Unternehmen – sind bislang in Silos gefangen. Im pädagogischen Netz konzentrieren sich die vorhandenen Anwendungen zudem auf zu komplexe Szenarien.

² „Ein Bot ist ein Programm, das ferngesteuert arbeitet. [...] Bot-Netze sind Netzwerke, die von Hackern aufgebaut werden und aus Hunderten, manchmal gar Tausenden Rechnern bestehen, die alle nicht ihnen gehören [...], ohne dass die eigentlichen Besitzer bemerken, dass ihr Rechner missbraucht wird“ (siehe http://www.t-online.de/it-sicherheit-bot-netze/id_12716864/index, letzter Zugriff: 01.02.2017).

³ Mandantenfähig meint, dass dasselbe Software-System mehrere Nutzer/innen bedienen kann, ohne dass diese gegenseitigen Einblick in ihre Daten, Nutzerverwaltung etc. haben.

Schul-Cloud-Lösung: Modularer Aufbau

Die Schul-Cloud besteht aus mehreren Modulen, die als eigenständige und flexible Microservices (siehe Kapitel 3.2) implementiert und gemäß einem Mehrschichtenmodell (siehe Kapitel 3.1) strukturiert werden. In diesem Strukturierungsprinzip werden einzelne Aspekte des Softwaresystems konzeptionell einer Schicht zugeordnet. Diese Aspekte können u. a. Funktionalitäten und Komponenten sein. Die notwendige Domänenkenntnis der jeweiligen Dienste wird dadurch minimiert und die Chance auf Wiederverwendung der Services ebenso erhöht wie die Integration von Standardlösungen und Komponenten bestehender Systeme (etwa bereits vorhandene Lernmanagement-Lösungen). Diese Architektur erlaubt demnach eine sehr hohe Skalierbarkeit.

Jeder Service wird über eine REST-Schnittstelle (Representational State Transfer)⁴ angesprochen. Die Metadaten der Applikation werden gemäß der Konvention „JSON-API“⁵ ausgezeichnet, um von generalisierten Werkzeugen zu profitieren. Die Dienste der Schul-Cloud können in beliebigen Programmiersprachen erstellt werden.

Die Schul-Cloud kann zum einen eigenständig genutzt werden, zum anderen können auch einzelne Komponenten herausgelöst verwendet werden. So ist es möglich, einzelne Dienste in bestehende Lernmanagement-Systeme einzubinden, um beispielsweise über die Schul-Cloud auffindbare Lernmaterialien auch in anderen Systemen, die an einigen Schulen bereits vereinzelt eingeführt wurden, bereitzustellen.

Die optionale Benutzeroberfläche ist als eigenständiger „Client“ implementiert, der mit dem Backend über bereitgestellte APIs (Application Programming Interfaces) kommuniziert. Das Folgen dieses API-First-Paradigmas und die damit verbundene Kapselung ermöglicht einen späteren Austausch von Komponenten, die einfache Anbindung von nativen Applikationen und dass alle Dienste von anderen Applikationen angesprochen werden können.

Ziel der Schul-Cloud ist es nicht, gängige Tools und Lösungen für den schulischen Kontext bereitzustellen. Vielmehr sollen bestehende Lösungen verschiedener Anbieter verknüpft, vernetzt und technisch angebunden werden, z. B. E-Mail-Funktion und Bearbeitung von Dokumenten. Lediglich Lösungen, die noch nicht existieren, werden neu entwickelt.

Das Zentrum der Schul-Cloud bildet der „Kerndienst“. Dieser bildet den Verbindungspunkt für alle verfügbaren Dienste und hält auch die benötigten Daten der Schüler/innen und Lehrkräfte vor. Er dient zudem als Proxy bei der „Service to Service-Kommunikation“. Zudem ermöglicht er den Login von Nutzer/innen über vorhandene Systeme, wie z. B. landesweite Moodle-Installationen, und stellt dann alle von der Schul-Cloud angebotenen Dienste über diesen Zugang bereit

⁴„REST beschreibt ein Softwarearchitekturmodell für verteilte Hypermedia-Systeme wie das World Wide Web [...], die das WWW so erfolgreich gemacht hat“ (siehe <http://www.iant.de/sip-knowhow/was-ist-rest-schnittstelle.html>, letzter Zugriff: 01.02.2017).

⁵Siehe <http://jsonapi.org/>, letzter Zugriff: 27.01.2017.

(Single Sign-On). Sollen keine Fremdsysteme für die Nutzerverwaltung verwendet werden, werden die hierfür notwendigen Funktionalitäten durch die Schul-Cloud zur Verfügung gestellt⁶.

Herausforderung: Datenschutz

Der Datenschutz stellt eine zentrale Herausforderung für den Einsatz digitaler Medien in der Schule dar: Mangels digitaler „Awareness“ oder fehlenden attraktiven Alternativen werden derzeit z. B. Tools von Drittanbietern in Schulen eingesetzt, die inkompatibel mit dem deutschen Datenschutzgesetz sind.

Schul-Cloud-Lösung: Privacy by Design

Die Schul-Cloud folgt dem Prinzip „Privacy by Design“: Personenbezogene Daten werden ausschließlich im Kernservice verwendet, andere Dienste haben keinen Zugriff auf die verwendeten Primärschlüssel. Der Aufruf von Tools und Lerninhalten (bspw. über LTI – Learning Tools Interoperability) erfolgt pseudonymisiert.

2.4 Zielgruppe für die Pilotphase

Die primäre Zielgruppe in der Pilotphase sind die Schulen des Vereins MINT-EC. Der MINT-EC ist ein nationales „Excellence-Netzwerk von Schulen mit Sekundarstufe II und ausgeprägtem Profil in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT)“⁷. Die MINT-EC-Schulen sind zur Exemplifizierung des skalierbaren Cloud-Gedankens ideal geeignet, da sie zum einen Ländergrenzen überbrücken und zum anderen ein natürlich gewachsenes Netzwerk mit den dazugehörigen Wertvorstellungen und Zielen darstellen (Technikaffinität, gegenseitiger Austausch u. a.). An der ersten Testphase (voraussichtlich Februar 2017 bis April 2018) werden zunächst 25 Pilotschulen teilnehmen. Diese Zielgruppe wird durch ihre Erfahrungen und ihr Feedback die nutzerzentrierte, agile Entwicklung der Schul-Cloud voranbringen.

2.5 Anwendungsszenarien der Schul-Cloud

Die Ergebnisse einer Befragung von über 60 MINT-EC-Schulen und der Fachcommunity ergaben die folgenden vier Hauptanwendungsszenarien, im Rahmen derer eine Schul-Cloud besonders erfolgreich in den Schulalltag integriert werden kann:

- Dateiaustausch – Teilen von digitalen Inhalten und Dokumenten
- Lernortvernetzung – Verbindung von Schule und „Nachmittagsmarkt“

⁶Je nach Fortschritt anderer Initiativen zu zentralen Login-Diensten kann dieser Aspekt der Schul-Cloud durch solche Lösungen ergänzt werden.

⁷Siehe www.mint-ec.de, letzter Zugriff: 10.01.2017.

2 Die Cloud im Spannungsfeld von Lernpraxis, Schulorganisation und Politik

- Kollaboration – Arbeiten an gemeinsamen Aufgaben und Projekten
- Differenzierung – Förderung durch spezifische Lernangebote

Anhand einer zweiten Erhebung wurden aus Sicht von über 40 MINT-EC-Schulen interessante Online-Angebote auf Fächerebene abgefragt, die in eine Schul-Cloud einbezogen werden können, z. B. GeoGebra⁸ und LEIFiPhysik⁹. Bildungsanbietern soll eine möglichst einfache Integration ihrer Angebote in die Schul-Cloud ermöglicht werden. Von Start-ups über etablierte Schulbuchverlage bis hin zu engagierten Einzelautor/innen von Open Educational Resources (OER) soll ein breites Spektrum an kooperierenden Inhalte-Anbietern eingebunden werden.

⁸Siehe www.geogebra.org, letzter Zugriff: 01.02.2017.

⁹Siehe www.leifiphysik.de, letzter Zugriff: 01.02.2017.

3 Technische Aspekte der Schul-Cloud

Die prototypische Implementierung einer deutschlandweit nutzbaren Schul-Cloud hat viele Dimensionen. Bereits in Kapitel 2 wurde deutlich, dass bei der Entwicklung einer Schul-Cloud die herausfordernden Rahmenbedingungen in besonderem Maße berücksichtigt werden müssen. Als Kernherausforderungen sind die Themen Modularität und Offenheit zu nennen, da die Schul-Cloud Bestehendes nicht neu erfinden, sondern vorhandene Angebote und Nutzer/innen als offenes, infrastrukturelles Element verbinden soll. Bereits funktionierende und etablierte Lösungen sollen die Möglichkeiten der Schul-Cloud nutzen können, ohne selbst obsolet zu werden. Das hohe Maß an Modularität sorgt dafür, dass die Dienste der Schul-Cloud nicht nur in Gänze, sondern auch als Einzelkomponenten nutzbar sind.

Eine nachhaltige Entwicklung dieser technisch-infrastrukturellen Lösung ist daher besonders entscheidend. Dies erfordert sowohl eine skalierbare, flexible und modulare Konzeption als auch Architektur und Implementierung. Somit wird gewährleistet, dass die Schul-Cloud nicht nur innerhalb eines Pilotprojektes einsatzfähig ist, sondern auch nach Abschluss der Pilotphase das Potential hat, bundesweit genutzt zu werden.

Im Folgenden wird die Schul-Cloud als Mehrschichtenmodell (siehe Kapitel 3.1) beschrieben, wobei der Fokus auf die verschiedenen Schichten und deren Bedeutung für die Schul-Cloud gelegt wird. Die in der Schul-Cloud zum Einsatz kommenden Technologien werden in Abschnitt 3.2 erläutert. Sowohl die Maßnahmen zur Systemskalierbarkeit (siehe Kapitel 3.3) als auch das Paradigma der kontinuierlichen Integration (siehe Kapitel 3.4) werden beschrieben. Abschließend wird in Kapitel 3.5 sowohl auf das Thema Datenschutz als auch auf die Systemsicherheit eingegangen.

3.1 Die Schul-Cloud als Mehrschichtenmodell

In den letzten Jahren hat sich der Markt der Cloud-Anbieter enorm vergrößert. Damit einhergehend wurde auch das Angebot an Cloud-basierten Diensten und Anwendungen, die sich serverseitiger Virtualisierungstechnologien bedienen, vielfältiger. Unter Berücksichtigung dieser Entwicklung lässt sich die Schul-Cloud in einem Mehrschichtenmodell (siehe Abbildung 3.1) abbilden. Diese Darstellung erlaubt eine übersichtliche Veranschaulichung der funktionalen Ebenen und Aufgaben, die aufeinander aufbauen. Auf unterster Ebene steht dabei die infrastrukturelle Schicht (IaaS, siehe Abschnitt 3.1.2), gefolgt von der ausführenden Schicht (PaaS/CaaS, siehe Abschnitt 3.1.3) sowie der Anwendungsschicht (SaaS, siehe Ab-

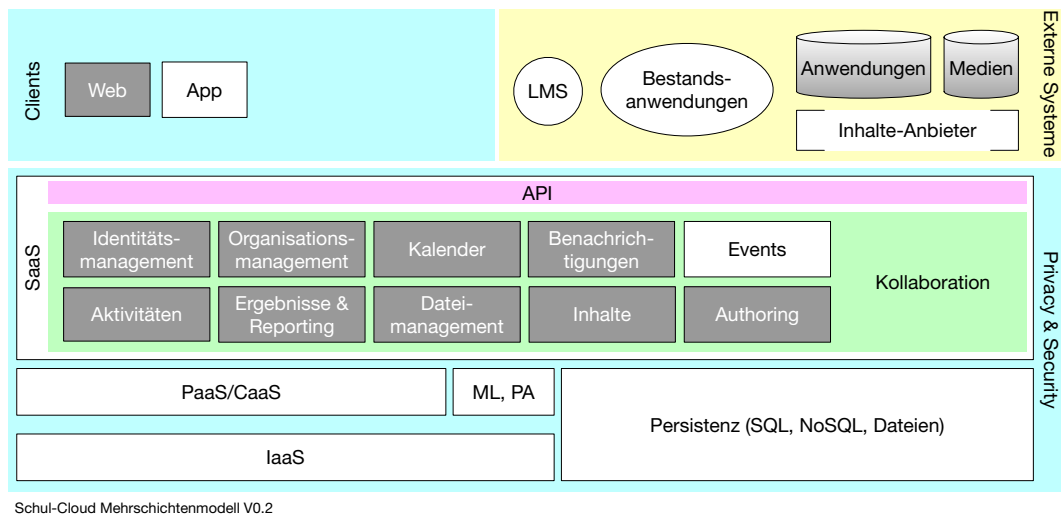


Abbildung 3.1: Mehrschichtenmodell

schnitt 3.1.4). Die Funktionalitäten der tieferen, spezifischeren Schicht werden dabei in der darüberliegenden, abstrakteren Schicht verwendet.

Für Endanwender/innen ist bei der Nutzung der höchsten Schicht nicht ersichtlich, welche Angebote aus einer der tieferen Schichten intern verwendet werden. Dies kann unter anderem aus datenschutzrechtlichen Gründen problematisch sein, etwa wenn ein deutscher Anbieter intern auf Angebote US-amerikanischer Cloud-Anbieter zurückgreift. Für die Schul-Cloud müssen hingegen alle Angebote mit dem deutschen Datenschutz konform sein.

Für die Integration der unteren Schichten gibt es hinreichend am Markt etablierte Angebote und Lösungen, aus denen für den Pilotbetrieb eine Auswahl getroffen wird. Die potenziellen Lösungen müssen ein Vendor-Lock-in verhindern und kompatibel mit den Anforderungen an Skalierbarkeit (siehe Kapitel 3.3), Privacy (siehe Abschnitt 3.5.1) und Security (siehe Abschnitt 3.5.2) sein.

3.1.1 Serverseitige Virtualisierungstechnologien

In den letzten Jahren hat sich der Markt der Cloud-Anbieter enorm vergrößert. Damit einhergehend wurde auch das Angebot an cloudbasierten Diensten und Anwendungen vielfältiger, die sich serverseitiger Virtualisierungstechnologien bedienen. Für die unteren Schichten der Schul-Cloud ist daher keine Neuentwicklung notwendig, stattdessen kann auf bereits vorhandene Entwicklungen zurückgegriffen werden.

Die Angebote lassen sich entsprechend des Schichtenmodells in die drei aufeinander aufbauenden Ebenen Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service und Container as a Service (PaaS und CaaS) sowie Software as a Service (SaaS) aufteilen. Die Funktionalitäten der tieferen, spezifischeren Schicht werden dabei in

der darüberliegenden, abstrakteren Schicht verwendet. Für Endanwender/innen ist bei der Nutzung der höchsten Schicht nicht ersichtlich, welche Angebote aus einer der tieferen Schichten intern verwendet werden. Dies kann unter anderem aus datenschutzrechtlichen Gründen problematisch sein, etwa wenn ein deutscher Anbieter intern auf Angebote US-amerikanischer Cloud-Anbieter zurückgreift. Für die Schul-Cloud müssen hingegen alle Angebote mit dem deutschen Datenschutz konform sein.

Nachfolgend werden die verschiedenen Virtualisierungstechnologien sowie deren Einsatz in der Schul-Cloud näher erläutert.

3.1.2 IaaS – Infrastructure as a Service

Infrastructure as a Service (IaaS) ist die am wenigsten abstrahierte Form des Cloud-Services. Hierbei stellt der Anbieter den Zugriff auf physikalische oder virtuelle Server bereit. Er sorgt dabei lediglich für die Verwaltung und verteilte Auslastung der Hardware. Sowohl die Wahl als auch die Konfiguration des Betriebssystems, der Anwendungen und/oder Laufzeitumgebungen obliegt dem Kunden.

Insbesondere die Möglichkeit zur Skalierung der Leistung entsprechend des aktuellen Bedarfs ist ein großer Vorteil des IaaS-Konzepts, wodurch auch die Kosten flexibel bleiben. Belastungsspitzen können abgefangen, Systeme schnell expandiert und nicht mehr benötigte Ressourcen wieder freigegeben werden. Die Anpassung erfolgt manuell, was in diesem Fall als Nachteil zu sehen ist. Durch Statistiken und Leistungsüberwachung kann die Notwendigkeit einer Anpassung jedoch auch relativ gut automatisiert abgeschätzt werden.

Eine Schul-Cloud, die eine per IaaS bereitgestellte Infrastruktur nutzt, bietet folgende Vorteile:

- Ressourcen sind genau in dem benötigten Maße verfügbar¹.
- Die Anwendung kann immer auf den neusten Hardware-Generationen ausgeführt werden, um Kosten- und Performance-Vorteile zu nutzen. Hardware-Upgrades und Generationswechsel werden durch den IaaS-Anbieter automatisiert durchgeführt.
- Die Wartung erfolgt durch den IaaS-Anbieter.

3.1.3 PaaS – Platform as a Service / CaaS – Container as a Service

Der Begriff *Platform as a Service* bezeichnet eine Entwicklungs- bzw. Ausführungsumgebung für Programme in einer Cloud. Viele Entscheidungen, beispielsweise die konkrete Systemkonfiguration oder die Leistungsskalierung, müssen nicht vom Programmierer oder Administrator getätigt werden, sondern werden automatisch

¹Dies schließt einen Hybrid Cloud-Ansatz ein, bei dem ein Grundstock an Ressourcen physisch bereitgestellt wird und nur bei Lastspitzen eine Verteilung in die Cloud erfolgt.

vom System vorgenommen. Die in der PaaS-Umgebung ausgeführten Anwendungen werden über spezielle Interfaces konfiguriert. Bis zu einer vordefinierten Maximalgrenze werden Ressourcen während der Laufzeit alloziert und wieder freigegeben. Die Anwendungen laufen in abgeschirmten Umgebungen (Sandboxes) auf verteilten Ressourcen. Es besteht also kein Zugriff auf das zugrundeliegende Dateisystem; für eigene Dateien wird eine Ablage mit den benötigten Rechten bereitgestellt. Auch der Standort des ausführenden Servers ist dem Entwickler nicht bekannt.

Die Container-basierte Virtualisierung (CaaS) verbindet die Vorteile der IaaS- und PaaS-Ebene. Im Regelfall steht bei PaaS-Lösungen für jede Programmiersprache eine Ausführungsumgebung (sog. Buildpacks) zur Verfügung, deren jeweilige Anpassung relativ aufwendig ist. Bei Containern hingegen wird sämtliche Betriebssystem- und Applikationslogik in einem Container verpackt. Da alle zur Ausführung benötigten Komponenten ebenfalls Teil des Containers sind, wird die Lauffähigkeit unabhängig von der Ausführungsumgebung gewährleistet. Darüber hinaus werden auch die Probleme der Themen Packaging und Distribution gelöst. Firmen wie Google, die über große, international verteilte Rechenzentren verfügen, setzen seit vielen Jahren auf Container-Virtualisierung für den Betrieb ihrer komplexen Infrastruktur.

Der Linux-basierten Containervirtualisierung hat das amerikanische Start-up Docker zum Durchbruch verholfen. Seit diesem ersten Impuls entwickelte sich eine Fülle an frei verfügbaren Tools rund um das Thema Containervirtualisierung. Mittlerweile stellen unterschiedliche Anbieter verschiedene Container-basierte Dienste zur Verfügung. Während einige Anbieter noch klassische virtuelle Maschinen (VMs) verwenden, in denen ein Docker-Host läuft, bieten andere Anbieter bereits eine echte Container-Virtualisierung. Bei letzterem können mehrere Container miteinander verknüpft werden. Dies ist sinnvoll, wenn eine Anwendung aus mehreren Services besteht (SOA) oder einzelne abhängige Komponenten wie etwa Cache Services oder Datenbanken als verknüpfte Container mitgeliefert werden.

Grundsätzlich sind Container nicht persistent. Dementsprechend ist darauf zu achten, ob und in welcher Form eine Persistierung von Applikations- und Anwenderdaten erfolgen muss. Dazu kommen häufig Services wie in der Cloud bereitgestellte Datenbanken oder Objekt-Storages zum Einsatz.

PaaS und CaaS sind nicht nur für das Hosting der Schul-Cloud interessant; auch für das Hosting von dynamischen Inhalten (siehe Kapitel 4.1) und weiteren Anwendungen stellt beides eine geeignete Abstraktionsebene dar.

3.1.4 SaaS – Software as a Service

Bei *Software as a Service* (SaaS) stellt der Anbieter ganze Anwendungen bereit. Dies ist die am höchsten abstrahierte Form der Virtualisierung. Der Zugriff erfolgt meist über ein Web-Interface im Browser und ist somit für ein breites Spektrum von Endgeräten verfügbar. SaaS eignet sich dementsprechend auch für Endgeräte mit wenig Rechenleistung. Betrieb, Administration, Wartung und Verwaltung von Software und Hardware übernimmt der Dienstleister, während der Nutzer über

wenig Möglichkeiten zur individuellen Konfiguration verfügt. Wie bei PaaS ist dem Anwender auch bei SaaS unbekannt, auf welchen Servern die Anwendung betrieben wird.

SaaS kommt in der Schul-Cloud in zwei Ausprägungen vor: Neben Anwendungen von Dritten, die als SaaS zur Verfügung gestellt werden und über die Schul-Cloud zugänglich sind, können auch die von der Schul-Cloud selbst angebotenen Dienste in der SaaS-Schicht verortet werden. Eine Beschreibung dieser Dienste findet sich in Kapitel 4.

3.2 Tech-Stack

Die Architektur der Schul-Cloud (siehe Abbildung 3.2) basiert auf Microservices. Bei diesem Architekturmuster besteht die Anwendung aus vielen kleinen voneinander unabhängigen Diensten (Services), die im Bedarfsfall schnell erneuert oder ersetzt werden können. Microservices bieten Schnittstellen nach außen, um mit anderen Services zu interagieren und zu kommunizieren. Der Entwickler benötigt lediglich Wissen über die Schnittstelle, über die er den Service verwenden kann. Die interne Umsetzung des Services, beispielsweise die im Microservice verwendete Programmiersprache, ist für den Entwickler hingegen unerheblich (Blackbox-Prinzip).

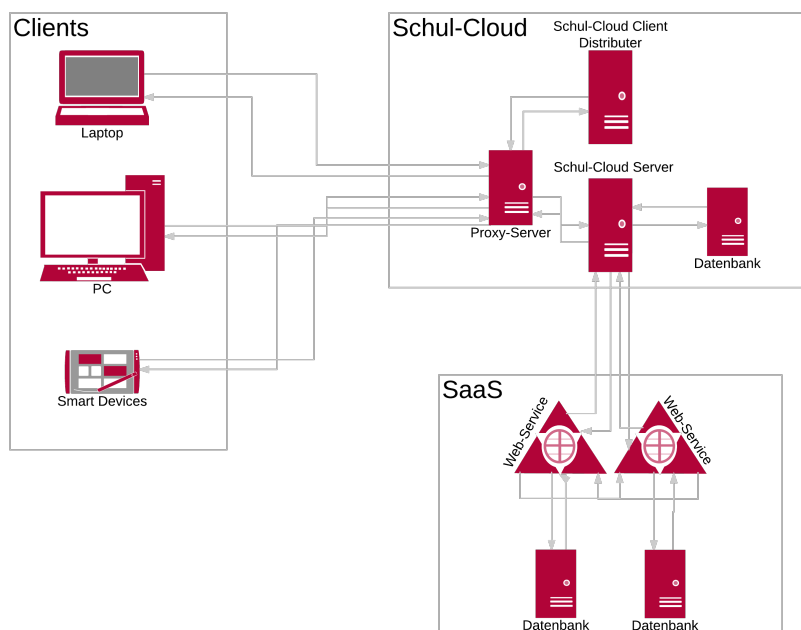


Abbildung 3.2: Architektur

Durch die Microservice-Architektur sind Projekte leicht skalierbar, während die verschiedenen Komponenten übersichtlich und wartbar bleiben. Infolgedessen können auch neue Technologien und Lösungen experimentell erprobt werden, ohne das Gesamtsystem zu gefährden. Gerade im System der Schul-Cloud können durch Microservices perspektivisch die Bedürfnisse der jeweiligen Schule berücksichtigt oder weitere Funktionen hinzugefügt werden.

Durch den Einsatz von Microservices ergeben sich auch einige Nachteile. So entsteht einerseits eine erhöhte interne Netzwerklast, da die Services verhältnismäßig viel miteinander kommunizieren, andererseits wird durch die Vielzahl der Komponenten das Testen der Anwendung komplexer. Aufgrund der Vorteile sind Microservices für die Schul-Cloud dennoch sehr gut geeignet.

Die Offenheit der Schul-Cloud und die Verwendung einer Microservice-basierten Architektur erlauben die Umsetzung der einzelnen Dienste (insofern sie innerhalb der Schul-Cloud-Infrastruktur ausgeführt werden) mit einer Vielzahl von Programmiersprachen und Tools. Alle Dienste sind auf den verschiedenen im vorherigen Kapitel 3.1 geschilderten Ebenen lauffähig. Nichtsdestotrotz wurde für die im Rahmen des Projektes zu entwickelnden Dienste eine vereinheitlichte Technologie-Auswahl (Tech-Stack) getroffen. Bei Microservice-Architekturen werden häufig unterschiedliche Tech-Stacks gewählt, um dem Entwickler(-Team) zu erlauben, in seiner gewohnten Sprache zu arbeiten. Angesichts der geringen Teamgröße standen bei der Auswahl des Tech-Stack für die Schul-Cloud jedoch andere Aspekte im Fokus:

- Vorhandene Entwicklerressourcen sollen flexibel über alle Services hinweg eingesetzt werden können,
- die Lösungen sollen zur Gewährleistung von Nachhaltigkeit und leichtem Onboarding weiterer Entwickler, etwa bei Beteiligung externer Mitwirkender, populär sein und
- proprietäre oder herstelleregebundene Sprachen, Frameworks und Technologien sollen vermieden werden.

Da die Microservices im Wesentlichen von anderen Anwendungen oder Diensten verwendet werden, wird auch von einem API First-Ansatz gesprochen. Dies ist eine Entwicklungsstrategie, bei der alle Funktionalitäten über eine API erreichbar sein müssen und darauf ein Webclient oder eine mobile Anwendung entwickelt wird. Auch eine mögliche Nutzung der Dienste durch andere Applikationen wird somit gewährleistet.

Für die Dokumentation der API wird Swagger UI verwendet. Das Tool ermöglicht die Erstellung einer visuellen und interaktiven API-Dokumentation mit simplen Mitteln. Dazu erstellt Swagger UI aus einer JSON- oder XML-Datei oder sogar direkt aus dem Code die navigierbare UI für die Dokumentation. Somit ist die API eines jeden Services vollständig dokumentiert und kann interaktiv exploriert werden (siehe Abbildung 3.3).

Bei Gesprächen mit Unternehmen der EdTech-Szene zeigte sich, dass der nachfolgend beschriebene Tech-Stack insbesondere im Bereich der Bildungstechnologien

Swagger

Schul-Cloud API

This is the Schul-Cloud API.

[Terms of service](#)

auth : A auth service Show/Hide | List Operations | Expand Operations

POST /auth Log in with or create a new account

Implementation Notes
Creates a new resource with data.

Parameters

Parameter	Value	Description	Parameter Type	Data Type
username	<input type="text" value="(required)"/>	username or email		string
password	<input type="text"/>	password		string
systemId	<input type="text"/>	ID of the system that acts as a login provider. Required for new accounts or accounts with non-unique usernames.		string

POST /auth/token

GET /auth/token/{id}

users : A users service Show/Hide | List Operations | Expand Operations

GET /users

POST /users

DELETE /users/{_id}

GET /users/{_id}

PATCH /users/{_id}

PUT /users/{_id}

Abbildung 3.3: Swagger UI – Schul-Cloud

für schnelles Prototyping beliebt ist. Die Nutzung ebendieser technologischen Komponenten kann somit spätere Synergieeffekte fördern.

3.2.1 JavaScript/Node.js

JavaScript hat sich seit seiner Einführung 1995 von einer kleinen Skriptsprache für Webbrowser zu einer vollwertigen, modernen Programmiersprache entwickelt. Über die Jahre gewann JavaScript an Beliebtheit, mittlerweile wird es in verschiedenen technischen Bereichen genutzt. Diese Popularität wurde nicht zuletzt durch die Verbreitung der Open-Source-Laufzeitumgebung Node.js möglich. Seit 2009 wird Node.js kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert. Parallel dazu ist eine große Community entstanden². Die absolute Nutzung aller Webserver, die Node.js verwenden, mag mit 0.225 % zwar relativ niedrig ausfallen, unter den Nutzern sind jedoch Konzerne, die zu den Fortune 500 gehören – unter anderem Walmart, eBay, PayPal, Yahoo, Amazon, Microsoft und viele weitere.

Node.js – eine eventgesteuerte, asynchron arbeitende Laufzeitumgebung, die auf der Chrome v8 Engine basiert – ist das Herzstück des Schul-Cloud Tech-Stacks. Sie ermöglicht Entwicklern, Anwendungen einheitlich – vom Server über die Datenbank bis hin zum Frontend – mit JavaScript zu implementieren. Die Architektur von Node.js ermöglicht *Rapid Prototyping* und performantes Entwickeln Dank Code-Wiederverwendung und effizientem Kontextwechsel. Mit einem eigenen Paketmanager wie npm oder yarn können Module ergänzt werden.

Die v8 Engine ist derzeit die schnellste auf dem Markt verfügbare JavaScript-Engine; Code führt sie sehr performant aus. Da JavaScript jedoch nur auf einem Thread ausgeführt wird, führt dies bei I/O-Operation zur Blockierung des Threads. Um asynchrone, nicht blockierende I/O-Operationen in Node.js auszuführen, wurde die libuv-Bibliothek entwickelt, die in der Schul-Cloud ebenfalls zum Einsatz kommt.

3.2.2 ReactJS

ReactJS ist ein ursprünglich von Facebook entwickeltes JavaScript-Framework zur Erstellung von Benutzeroberflächen, das von einer ständig wachsenden Community gepflegt und weiterentwickelt wird. Wegen der Möglichkeit, React Views sowohl auf dem Client als auch auf dem Server zu rendern, erfreut sich das Framework bei vielen Entwickler/innen großer Beliebtheit.

3.2.3 Feathers / Express

Feathers ist ein minimalistisches, Service-orientiertes Echtzeit-Webframework für moderne Anwendungen. Feathers baut intern auf Express auf, welches das meist

²Auf Stack Overflow sind mittlerweile fast 140.000 Fragen zum Thema zu finden. Es existieren rund 325.000 Module, um den Funktionsumfang zu erweitern.

genutzte HTTP-Server-Framework in Node.js ist. Sowohl der Aufbau von Routen und Services als auch die Anbindung an Datenbanken wie MongoDB wird durch Feathers vereinfacht.

3.2.4 MongoDB

MongoDB ist eine nicht-relationale, schemafreie Open-Source-Datenbank, die seit 2007 entwickelt wird. Sie ist die primäre Datenbank des Stacks. Die Daten werden in Dokumenten mit einer JSON-ähnlichen Struktur abgespeichert. MongoDB ist sehr beliebt und findet große Unterstützung durch die Community. Sie ist die am häufigsten genutzte nicht-relationale Datenbank und insgesamt die am vierthäufigsten genutzte.

Gegenüber herkömmlichen relationalen Datenbanken bietet MongoDB den Vorteil einer schnelleren Zugriffszeit. Diese resultiert daraus, dass die Daten nicht sofort auf die Festplatte geschrieben werden, sondern erst, wenn sich das System mehr oder weniger im Leerlauf befindet.

3.2.5 PostgreSQL

PostgreSQL ist ein objekt-relationales Datenbanksystem (ORDBMS). Es ist ein sehr fortschrittliches Datenbanksystem im Open-Source-Bereich, das frei verfügbar und ohne Lizenzgebühr nutzbar ist. PostgreSQL unterstützt die meisten Teile des SQL2003-Standards und verfügt über eine Vielzahl eigener Erweiterungen.

Durch die Bereitstellung von MongoDB und PostgreSQL können Entwickler neuer Schul-Cloud-Dienste je nach Anwendungsfall entscheiden, welche Datenbanktechnologie (NoSQL vs. relationale Datenbank) sich für sie am besten eignet.

3.2.6 Elasticsearch

Elasticsearch ist eine kostenlose Open-Source-Suchmaschine, die auf der in Java geschriebenen Volltextsuche-Bibliothek Apache Lucene basiert. Die Engine sucht und indiziert Dokumente verschiedener Formate. Suchergebnisse werden in dem NoSQL-Format JSON gespeichert und über eine RESTful-API-Webschnittstelle ausgegeben.

Elasticsearch wird in der Schul-Cloud beispielsweise zur Realisierung der Suche innerhalb des Inhalte-Dienstes (siehe Kapitel 4.1) verwendet, da die Fähigkeiten der verwendeten Datenbanken für diesen Anwendungsfall nicht ausreichend sind.

3.2.7 Docker und Kubernetes

Um die einzelnen Services der SaaS-Schicht auszuliefern (Deployment), kommt das in Kapitel 3.1.3 erwähnte Docker-Containerformat zum Einsatz. Für die Orchestrie-

Die Services in der IaaS-Schicht werden voraussichtlich Kubernetes³ verwendet. Kubernetes Cluster werden von mehreren IaaS-Anbietern angeboten. Sie bieten alle benötigten Funktionen für das automatische Deployment und lastabhängige Skalieren der bereitgestellten Container.

3.3 Skalierbarkeit

Für das Produktivsystem ist es wichtig, einem unterschiedlich stark ausfallenden Ansturm von Schüler/innen standhalten zu können. Aus diesem Grund ist das Thema Skalierbarkeit für eine Schul-Cloud von großer Relevanz. Dementsprechend wurden gut skalierbare Module wie MongoDB und Node.js für den Tech-Stack (siehe Kapitel 3.2) gewählt.

MongoDB bietet sich in diesem Kontext als Datenbank an, da bereits bei der Entwicklung die Themen Skalierbarkeit, Leistung und hohe Verfügbarkeit des Systems besondere Berücksichtigung fanden. Mithilfe des Auto-Shardings ermöglicht MongoDB auch über mehrere Rechenzentren hinweg das Betreiben komplexer Architekturen. Dies macht MongoDB zu einer für die Zwecke der Schul-Cloud besonders gut geeigneten Datenbank.

Auch Node.js lässt sich optimal skalieren. Obwohl Node.js initial nicht für Mehrkernsysteme ausgelegt wurde, kann es mithilfe von Clustering auf mehrere Kerne verlagert werden. Zur Vereinfachung dieses Prozesses, der normalerweise manuell vorgenommen werden muss, wurde der Node.js-Prozessmanager PM2 entwickelt. Dieser Prozessmanager nimmt das Clustering eigenständig vor, wodurch Node.js auch Mehrkernsystem-tauglich und entsprechend skalierbar wird.

Für eine noch bessere Skalierbarkeit wird außerdem ein HAProxy genutzt. Der HAProxy ist ein sogenannter Load Balancer, welcher Anfragen für TCP- und HTTP-basierte Anwendungen auf verschiedene Server verteilt. Ein einzelner HAProxy kann zwischen 15.000 und 40.000 Anfragen pro Sekunde verarbeiten. Insbesondere bei Lastspitzen eignet sich der Einsatz für die Schul-Cloud dementsprechend gut.

3.4 Continuous Integration & Development

Die kontinuierliche Integration (Continuous Integration – CI) ist eine zunehmend populär werdende Praxis in der Softwareentwicklung. Hierbei werden Codeänderungen geprüft und sofortiges Feedback gegeben, ob das Gesamtsystem beeinträchtigt wird bzw. ob es noch funktioniert. CIs führen automatisiert Tests aus, welche vom Entwickler festgelegt wurden. Gleichzeitig können automatisiert Dokumentationen erstellt und veröffentlicht werden. Auch automatisierte Installationen von Test- oder Live-Systemen können durch ein CI-System ausgelöst werden (Continuous Deployment).

³Siehe <https://kubernetes.io>, letzter Zugriff: 12.01.2017.

Sobald ein Entwickler Änderungen oder neue Dateien in das Repository (die Codeverwaltung) der Schul-Cloud pusht, werden die automatisierten Tests vom CI-System ausgeführt. Ziel einer CI ist die Steigerung der Softwarequalität, aber auch das frühe Erkennen und Beseitigen von Fehlern. Der Code der Schul-Cloud wird bei jeder Änderung durch den Anbieter Travis getestet. Im Sinne eines Continuous Deployments wird bei erfolgreichem Durchlaufen aller Tests automatisch eine neue Version erzeugt und auf den Servern installiert. Aus diesem Grund ist unabdingbar, dass der Code aller Bestandteile automatisiert getestet werden kann. Dafür werden sogenannte Unit-Tests genutzt, die die Funktionalität einzelner Services testen sowie Benutzerakzeptanztests, die durch simulierte Eingaben in der Weboberfläche die komplette Anwendung testen.

3.5 Privacy & Security

Durch die Pilotierung einer Schul-Cloud sollen auch Skeptiker einer Digitalisierung der Bildung überzeugt werden. Um den Abbau von Vorurteilen zu begünstigen, werden die Themengebiete Sicherheit und Datenschutz prominent behandelt.

3.5.1 Datenschutz

Das Thema Datenschutz soll während der Pilotphase im engen Dialog mit den Landesdatenschützern berücksichtigt und laufend optimiert werden. Im Sinne der Maxime „Privacy by Design“ wird somit bereits zu Beginn ein besonderer Fokus auf die Problematik gelegt. Die Freigabe eigener Daten wird den Nutzer/innen also mit einem hohen Maß an Kontrolle bei restriktiven Grundeinstellungen gewährt (siehe Abbildung 3.4).

Nutzerbezogene Daten sollen möglichst lokal gehalten werden, sodass keine personenbezogenen Daten an die Services weitergegeben werden. Aus diesem Grund wird bei der Kommunikation mit den Diensten lediglich ein pseudonymisierter Token mitgeschickt, wodurch der Service nicht weiß, welche Person hinter dem Token steht. Bei weiteren Requests schickt der Service den Token zur Verifizierung zurück an die Schul-Cloud. Im Sinne der Datensparsamkeit werden lediglich der Name und die E-Mail-Adresse einer Person gespeichert. Selbstverständlich erfolgt das Hosting, insbesondere der zentralen Dienste, nur auf deutschen Rechenzentren.

Ein Schwerpunktthema beim Datenschutz ist die Einbindung externer Anbieter. Dies kommt beispielsweise bei der Nutzung dynamischer Lernangebote zum Tragen. Die Lernanwendung soll für eine komfortable Nutzung zwar Klarnamen anzeigen und auch Benachrichtigungen versenden können, diese Daten aber im Idealfall nicht kennen. Hierzu sollen zukünftig interessante Ansätze wie Pseudonymisierungslösungen und die zentrale Bereitstellung von Benachrichtigungsschnittstellen weiter evaluiert werden. Über eine dedizierte Oberfläche, die nur mit entsprechender Berechtigung zugänglich ist (Datenschutz-Cockpit), soll ein Einblick in alle datenschutzrelevanten Zugriffe ermöglicht werden.

Datenschutz und Sichtbarkeit

Hier kannst du einstellen, wer sieht, ob du online bist, in welcher AG du arbeitest, welche Handynummer und Badges du hast. Gehe damit sorgfältig um und frag deine Lehrerin oder deinen Lehrer, falls du dir bei den Einstellungen unsicher bist.

	Meine Klasse	Meine Klassenstufe	Meine Schule	Alle
Badges	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mitgliedschaften in AGs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handynummer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Online Status	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 3.4: Einstellung der Datenfreigabe im Profil (Entwurf)

Eine genauere Ausführung und Dokumentation des Datenschutzes wird unter stetiger Fortschreibung in einem dedizierten Datenschutzkonzept erfolgen. Dieses Datenschutzkonzept soll die Erfassung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten regeln und wird den geltenden gesetzlichen Anforderungen entsprechen (Datenschutz-Grundverordnung, Bundesdatenschutzgesetz, Landesdatenschutzgesetze, Schulgesetze).

3.5.2 Security

Die Schul-Cloud benutzt ein Rollensystem, das auf den Rollen *Lehrer*, *Schüler*, *Eltern*, *Administrator* und *Inhalte-Anbieter* basiert. Dadurch wird gewährleistet, dass bestimmte Inhalte und Funktionen nur von den dementsprechend berechtigten Rollen ausgeführt und genutzt werden können. Bei jeder Anfrage wird geprüft, ob der Nutzer die richtige Berechtigung (Permission) hat. Falls die entsprechende Berechtigung nicht vorhanden ist, wird der Nutzer auf die Startseite weitergeleitet.

Im Bereich Security sind darüber hinaus gängige Best-Practices zu berücksichtigen, von denen einige hier exemplarisch genannt sind:

- Passwörter werden mit einem vordefinierten Algorithmus in einen Hash überführt. Um die in der Datenbank gespeicherten Passwörter gegen Wörterbuchattacken abzusichern, wird ihnen eine zufällig gewählte Zeichenfolge (Salt) angefügt. Da Passwörter somit niemals im Klartext vorliegen, wird sichergestellt, dass weder der Betreiber noch Angreifer auf sie zugreifen können. Dennoch sollen Nutzer grundsätzlich sichere Passwörter wählen. Aus diesem Grund wird bei der Passwortvergabe geprüft, dass sie dem Standard des BSI entsprechen, also mindestens acht Zeichen, ein Sonderzeichen, eine Zahl sowie Groß- und Kleinschreibung enthalten.

- Datenbanken, in denen Passworthashes gespeichert werden, sind nur intern erreichbar. Die Verbindung zwischen Nutzer und Server ist stets über SSL/TLS verschlüsselt und kann somit nicht mitgelesen werden.
- Zur Absicherung gegen Cross-Site-Request-Forgery wird anstelle von Cookies der sogenannte JSON Web Token (JWT) benutzt. Der JWT ist ein signiertes JSON-Objekt. Im Gegensatz zu anderen Methoden, bei denen stets eine Session mit dem Server aufgebaut wird, wird der JWT bei jedem Request mitgeschickt. Dadurch wird ein zustandsloses Arbeiten ermöglicht.
- Mit modernen Browsern ist das sogenannte „Forward Secrecy“ möglich. Für den Fall, dass eine SSL/TLS Verbindung entschlüsselt werden sollte, kann der Angreifer nicht auf die Folgeschlüssel der Verbindung schließen. Dadurch bleiben zukünftige Verbindungen weiterhin sicher.
- Des Weiteren ist die Domain *Schul-Cloud.org* gegen „Downgrade Attacks“ abgesichert. Somit ist es Angreifern nicht möglich, das TLS/SSL Protokoll auf eine ältere Version mit mehr Schwachstellen herunterzustufen.

Durch die Einbindung der Forschungsgruppe „Security Tech“ des Lehrstuhls für Internet-Technologien und Systeme⁴ wird weiterhin eine stetige Optimierung der Sicherheit angestrebt.

⁴Siehe <https://hpi.de/meinel/security-tech.html>, letzter Zugriff: 10.02.2017.

4 Dienste und Komponenten der Schul-Cloud

Im Folgenden werden exemplarisch einige Dienste und Komponenten der Schul-Cloud beschrieben, die als Teil der SaaS-Schicht bereitgestellt werden. Auswahl und Gewichtung dieser Dienste und Komponenten basieren auf in der Konzeptphase durchgeführten Befragungen und Gesprächen unter Einbeziehung des Beraterkreises.

4.1 Inhalte-Dienst

Mit der Schul-Cloud soll eine zentrale Anlaufstelle geboten werden, mit der sowohl Lehrer/innen ihren Unterricht vorbereiten als auch Schüler/innen Inhalte vertiefen, nachschlagen und üben können. Dazu wird ein Dienst entwickelt, der

- die Inhalte mehrerer Anbieter an einer Stelle zusammenfasst und sie dem Nutzer über ein einheitliches Suchinterface zugänglich macht,
- eine optionale Kennzeichnung der Inhalte bezüglich ihrer Qualität und Eignung für gewisse Altersstufen ermöglicht,
- Lehrer/innen und Schüler/innen passende Inhalte empfiehlt und
- es Lehrer/innen ermöglicht, ihre Unterrichtsplanung mit anderen Lehrer/innen zu teilen oder auf deren Planung aufzubauen.

Bei allen Funktionalitäten müssen stets die Lizenzierungs- und Altersbeschränkungen berücksichtigt werden.

Lerninhalte werden in statische und dynamische Inhalte kategorisiert, die im Kontext der Schul-Cloud unterschiedlich gehandhabt werden. Zu den statischen Inhalten, die durch den Inhalte-Dienst verwaltet werden, gehören alle Inhalte, die über das HTTP(S) Protokoll als Ressourcen ohne spezielle Anwendungsschicht von einem beliebigen Server ausgeliefert werden können. Auch multimediale Inhalte wie Videos werden in diesem Sinne als statische Inhalte verstanden. Bei dynamischen Inhalten ist neben der Katalogisierung zusätzlich dafür zu sorgen, dass ein datenschutzkonformer Aufruf der Inhalte unter Nutzung des anwenderspezifischen Anwendungsservers realisiert wird (beispielsweise Single Sign-On, siehe Kapitel 4.9).

Im weiteren Projektverlauf soll eine Vielzahl von Inhalte-Anbietern an den Inhalte-Dienst angebunden werden. Bereits in der Konzeptphase wurde deutlich,

dass die Inhalte oft in technischen Silos bereitgestellt werden. Um eine Anbindung zu ermöglichen gilt es daher, für jeden der zu integrierenden Anbieter eine Reihe von Bedingungen zu klären:

- Verfügt der Anbieter über eine API?
- Unterstützt diese API die Möglichkeit, Inhalte zu suchen und zu crawlen¹?
- Welche Metadaten werden in welchem Format bereitgestellt?
- Unter welcher Lizenz werden die Inhalte bereitgestellt? Existieren Nutzungseinschränkungen?
- Sind die Inhalte web- und mobilfähig?
- Gibt es eine Zuordnung zu Kompetenzen oder Curricula?
- Wie werden zusammengehörige Inhalte deklariert?

Es wird erwartet, dass sich im Dialog mit den Anbietern einige Best-Practices manifestieren. Diese sollen mit ausgewählten Partnern² erarbeitet werden. Neben technischen Aspekten wie dem Design der API und der Modellierung der Inhalte wird dies aller Voraussicht nach unter anderem das Themengebiet Inthemodularität betreffen. Die im Rahmen der Best-Practices ausgearbeiteten Funktionalitäten stehen im Sinne einer offenen Schul-Cloud allen Anbietern zur Verfügung.

Dazu wurde ein Datenmodell entwickelt, das im Abschnitt 4.1.1 beschrieben wird. Des Weiteren wurde eine Architektur geschaffen, die die Inhalte aus unterschiedlichen Plattformen in der Schul-Cloud verwaltet und aktuell hält (Abschnitt 4.1.2). Auf diesen Daten setzt der Such- und Empfehlungsdienst auf (Abschnitt 4.1.3). Lehrer/innen planen nicht nur den Unterricht mit Unterstützung vorhandener Materialien, sondern erstellen eigene Inhalte. Dies soll durch die Schul-Cloud gefördert werden (siehe Kapitel 4.2).

4.1.1 Datenmodell

Die AG Mediendistribution und Dokumentation hat mit dem erweiterten Austauschformat (EAF)³ ein einheitliches Modell für Bildungsmedien entwickelt, das von vielen Medienverwaltungsprogrammen zum In- und Export von Bildungsmedien genutzt wird. Nach aktuellem Wissensstand ist es das am weitesten genutzte

¹Bei der Suche wird nach speziellen Suchbegriffen gefiltert, wohingegen beim Crawling der gesamte Datenbestand des Anbieters automatisiert ausgelesen und ausgewertet wird.

²Für die Pilotphase wurden die Anbieter *meinUnterricht.de*, *Serlo*, *Antares* und *bettermarks* ausgewählt.

³Siehe <http://agmud.de/eaf-erweitertes-austauschformat/>, letzter Zugriff: 08.12.2016.

Format im deutschsprachigen Raum, auch wenn viele Anbieter keinem einheitlichen Format folgen.

Dennoch orientiert sich das konzipierte Datenmodell⁴ weitestgehend an diesem Format. Um die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen zu können, werden einerseits einige zusätzliche, nicht im EAF beschriebene Informationen gespeichert und andererseits einige vorgesehene Felder nicht verwendet. Zur Speicherung der Lerninhalte in unserer Datenbank müssen mindestens die folgenden Attribute vorhanden sein: *originId*, *title*, *url* und *license*. Informationen sollten jedoch immer so vollständig wie möglich eingetragen werden.

4.1.2 Katalogisieren von Inhalten

Um die Inhalte über eine zentrale Stelle zugänglich zu machen, gibt es grundsätzlich drei mögliche Herangehensweisen:

1. eine direkte Abfrage über die API der Inhalte-Anbieter,
2. die Schaffung einer eigenen Datenbasis und
3. eine Hybridlösung aus 1. und 2.

Welche Herangehensweise gewählt wird hängt in erster Linie davon ab, welche Informationen und Schnittstellen der Inhalte-Anbieter bereitstellt sowie von der Aktualisierungsrate der angebotenen Inhalte. Unabhängig von der Herangehensweise kann jeder Inhalte-Anbieter seine Daten in einem variablen Format bereitstellen. Um alle Daten einheitlich durchsuchbar zu machen, muss für jeden Anbieter ein Adapter erstellt werden, der die angebotenen Daten auf das in Abschnitt 4.1.1 beschriebene Datenmodell überträgt.

Der für die Katalogisierung inhaltspezifischer Daten zuständige Dienst heißt *schulcloud-content-crawler*⁵. Dieser Service bietet eine API, über die mit der Route */fetch* das Sammeln der Katalogdaten aller momentan unterstützten Inhalte-Anbieter angestoßen wird. Aktuell erfolgt dies automatisch über einen Cron-Job in einem Abstand von sechs Stunden. Das Zeitintervall soll zukünftig basierend auf der Nutzung der Inhalte in der Schul-Cloud und der Updatefrequenz durch die Inhaltsanbieter angepasst werden.

Für jeden der Inhalte-Anbieter muss ein eigener Client angelegt werden. Dieser muss die öffentliche Methode *getAll()* anbieten, über die alle verfügbaren Inhalte in einem einheitlichen Datenformat ausgegeben werden. Da viele Anbieter das einheitliche Austauschformat EAF nicht implementiert haben, muss beispielsweise die Übersetzung der natürlichsprachlichen Bezeichnungen von Schulfächern in die

⁴Für die komplette Aufschlüsselung des Datenmodells siehe <https://github.com/schulcloud/schulcloud-content-crawler#attributes>, letzter Zugriff: 04.02.2017.

⁵Siehe <https://github.com/schulcloud/schulcloud-content-crawler>, letzter Zugriff: 04.02.2017.

im Standard festgeschriebenen Kodierungen unter Nutzung des Crawlers erfolgen, bevor die normalisierten Daten in die Datenbank geschrieben werden.

4.1.3 Such- und Empfehlungsdienst

Da die Katalogdaten aller Anbieter an einer zentralen Stelle gespeichert werden, kann in Echtzeit nach bestimmten Inhalten gesucht werden. Der Such- und Empfehlungsdienst der Schul-Cloud heißt *schulcloud-content-api*⁶. Der Service ermöglicht die Suche nach einem bestimmten Begriff, wobei mehrere Attribute wie zum Beispiel der Titel und die Beschreibung des Inhalts herangezogen werden. Weiterhin kann nach Lizenzen, Fächern und Altersstufen gefiltert werden. Implizite Beschränkungen wie zum Beispiel das Alter des Schülers oder der Standort der Schule könnten dabei berücksichtigt werden. Mit der in Kapitel 3.2.6 vorgestellten Suchmaschine Elasticsearch kann die Suche nach Inhalten Tippfehler-tolerant erfolgen.

Um den Überblick über die vielen Inhalte und deren Qualität nicht zu verlieren, ist die Einführung eines Bewertungssystems geplant. Infolgedessen ist es mit Hilfe des Elasticsearch Plug-Ins *Taste* möglich, Nutzer/innen Inhalte vorzuschlagen, die von ähnlichen Nutzer/innen positiv bewertet wurden. So kann ein Lehrer/in beispielsweise Inhalte angezeigt bekommen, die von anderen Lehrer/innen desselben Fachgebiets seines Bundeslandes oder Schulkreises positiv bewertet wurden.

4.2 Cloud-kompatible Erstellung von Lehrmaterialien

Durch die Vernetzung der Lehrer/innen-Community können Mehrwerte und Synergien generiert werden. Die Schul-Cloud sollte dies durch entsprechende Angebote aktiv unterstützen. Eine Option ist das Zugänglichmachen von Inhalten, welche durch einzelne Lehrer/innen oder Dritte wie etwa Stiftungen erstellt werden. Neben dem technischen Aspekt, also der Bereitstellung eines Editors, sind hier Themen wie Lizenzen und Bearbeitbarkeit der Inhalte entscheidend. Insbesondere für das technisch komplexe Thema der Bereitstellung einer Editorenumgebung soll auf vorhandene Lösungen und laufende Entwicklungen bestehender Initiativen wie z. B. Serlo zurückgegriffen werden.

4.3 Benachrichtigungsdienst

Als zentrale Anlaufstelle für Schüler/innen und Lehrer/innen soll die Schul-Cloud sowohl den Unterricht als auch das Lernen erleichtern. Hierfür soll eine geräteübergreifende Benachrichtigungsinfrastruktur bereitgestellt werden. Diese wird

⁶Siehe <https://github.com/schulcloud/schulcloud-content-api>, letzter Zugriff: 04.02.2017.

technisch über einen Benachrichtigungsdienst genannten Service umgesetzt, dessen Architektur in Abbildung 4.1 dargestellt ist. Über eine gesicherte Schnittstelle können Nachrichten direkt von den verschiedenen Diensten der Schul-Cloud und von Drittanbietern versendet werden. Der Dienst ermöglicht das Versenden von Nachrichten an einzelne Gruppen oder ganze Schulklassen, sodass die entsprechenden Schüler/innen beispielsweise über Hausaufgaben oder ausfallende Stunden informiert werden können. Auch im Unterricht kann der Benachrichtigungsdienst einen Mehrwert bieten; er ermöglicht Lehrer/innen beispielsweise, mit wenigen Klicks ein Video an alle Schüler/innen der Klasse zu senden.

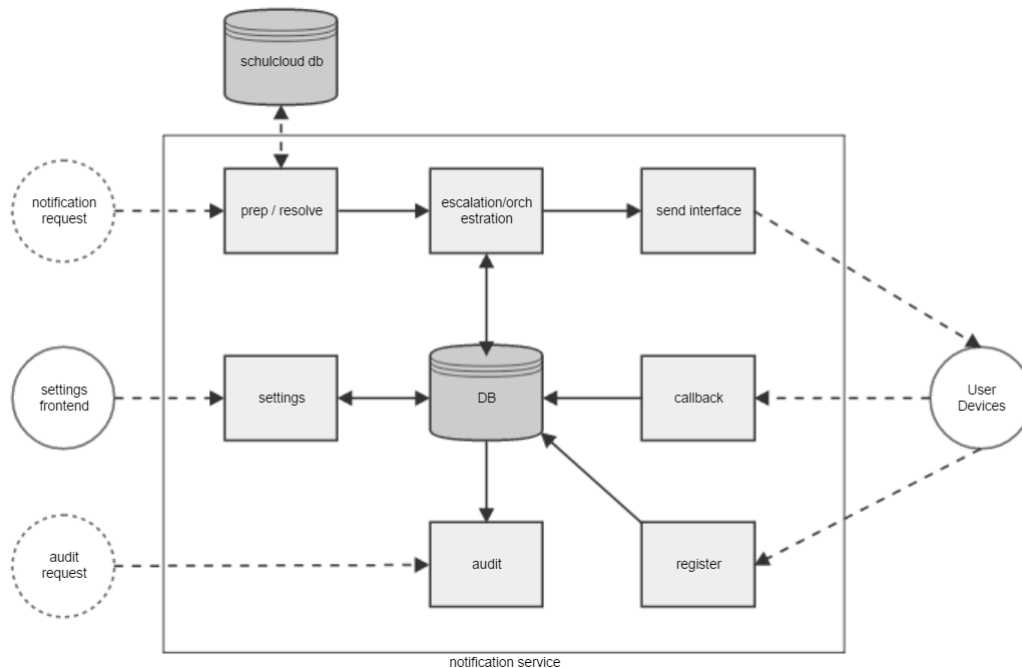


Abbildung 4.1: Architektur des Benachrichtigungsdienstes

Der Benachrichtigungsdienst funktioniert unabhängig vom Gerät oder Betriebssystem der Schüler/innen. Nachdem ein Gerät bei der Schul-Cloud erstmalig registriert wurde, kann der Dienst Neuigkeiten über den Webbrowser oder die Schul-Cloud-App auf das Gerät weiterleiten. Das Erstellen von Nachrichten ist dabei nicht die Aufgabe des Benachrichtigungsdienstes, sondern das Verteilen von Nachrichten auf die verschiedenen Endgeräte der Schul-Cloud-Nutzer/innen. Die zu versendenden Nachrichten werden von den verschiedenen Diensten der Schul-Cloud erstellt und an den Benachrichtigungs-Service geschickt. Auch Drittanbieter haben die Möglichkeit, Nachrichten an die API des Benachrichtigungsdienstes zu senden. Alle Nachrichten werden gleichwertig behandelt und den Nutzer/innen zuverlässig zugestellt.

Die einzelnen Nachrichten bestehen aus einem Titel und einem kurzen Beschreibungstext (siehe Abbildung 4.2). Jede Nachricht kann mit einer Aktion wie z. B. dem Öffnen des Stundenplans, einer App, einem Link zu Moodle oder einer beliebigen Webseite verknüpft werden. Durch zwei Prioritätsstufen wird beeinflusst, ob eine Benachrichtigung das Gerät sofort aufweckt oder diese erst beim nächsten Einschalten des Bildschirms erscheint. Wichtige Informationen wie eine kurzfristige Raumänderung der nächsten Stunde werden so nicht verpasst, wohingegen zeitlich unkritische Nachrichten nicht den regulären Unterrichtsablauf stören. Der Benachrichtigungsdienst speichert keine personenbezogenen Daten, sondern verfügt lediglich über anonymisierte Verweise auf die Geräte eines Nutzers.

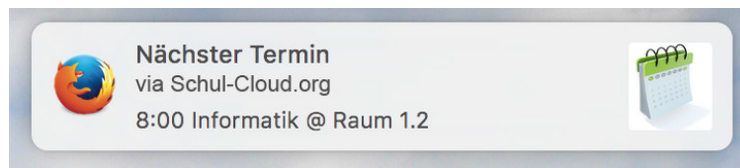


Abbildung 4.2: Ansicht einer Benachrichtigung auf dem Desktop

Zentraler Bestandteil des Benachrichtigungsdienstes ist eine Eskalationsstrategie, um nicht an alle Geräte eines Nutzers die gleiche Nachricht zu versenden. Zuerst wird das aktive Gerät eines Nutzers benachrichtigt. Sollte diese dort nicht gelesen werden, wird die Nachricht nach einer bestimmten Zeit an das Handy des Nutzers gesendet. In der letzten Eskalationsstufe wird eine E-Mail an den Nutzer/in gesendet, die je nach Nachrichten-Priorität eine einzelne Nachricht oder eine Zusammenfassung des vergangenen Tages enthält.

Die Auslieferung der Benachrichtigungen wird je nach Plattform über von Dritten bereitgestellte Dienste übernommen. Dazu wird im Regelfall als letztes Glied der Transportkette die Infrastruktur der Gerätehersteller oder -betreiber verwendet.

4.4 Kalender

Der Kalenderservice ist für alle Daten der Schul-Cloud, die Termin- oder Eventcharakter haben, zuständig. Er wird für die Verwaltung von Terminen (beispielsweise zum Erstellen, Lesen, Ändern und Löschen) genutzt. Termine sind zum Beispiel Schul-Events, Unterrichtsstunden oder private Einträge einzelner Nutzer/innen, die verschiedenen Bereichen (Scopes) wie der gesamten Schule, einem Jahrgangsverband, einer Klasse, einer Arbeitsgemeinschaft oder dem Nutzer/in selbst zugeordnet werden können. Durch diese bereichsbasierte Zuordnung werden Schreib- und Leseberechtigungen auf einfache Art festgelegt. Eine beispielhafte Darstellung

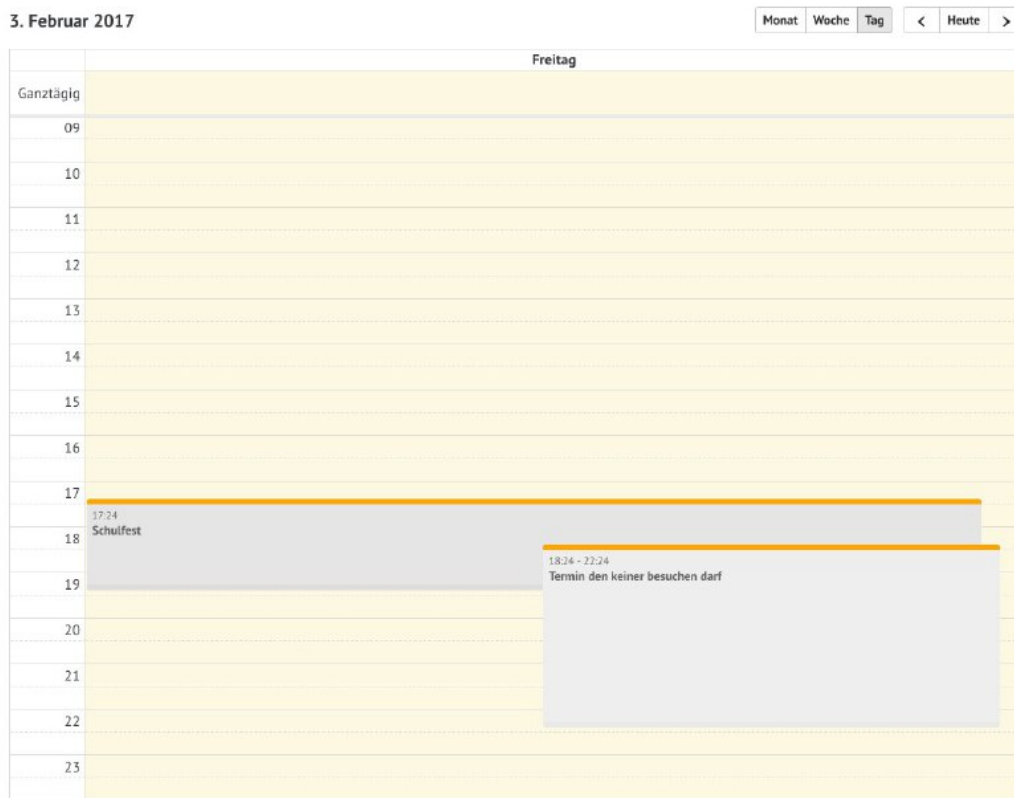


Abbildung 4.3: Darstellung von Terminen im Frontend

der aus dem Kalenderdienst stammenden Daten im Web-Frontend findet sich in Abbildung 4.3.

Zur Speicherung von Terminen nutzt der Kalenderdienst den *iCalendar*-Standard, welcher Funktionen wie Erinnerungen und Angaben zur Verfügbarkeit spezifiziert. Außerdem ermöglicht die Verwendung des iCalendar-Standards einen Austausch mit anderen – möglicherweise bereits verwendeten – Kalenderdiensten wie denen von WebWeaver, Moodle oder Google Kalender. Auch die Nutzung des Services ohne einen externen Kalenderdienst ist möglich. Dabei werden alle Termine direkt in der Schul-Cloud gespeichert und verwaltet.

Die Nutzer/innen werden durch den zentralen Schul-Cloud Server (siehe Abschnitt 4.10) unter Nutzung eines zuvor generierten Tokens authentifiziert und autorisiert (siehe Kapitel 3.5). Die jeweiligen Schreib- und Leserechte einzelner Nutzer/innen werden ebenfalls im zentralen Schul-Cloud Server-Dienst gespeichert und bei Bedarf an den Kalenderservice weitergeleitet.

Um Termine im Service zu erstellen, können diese über die Route *events* wahlweise im JSON- oder ICS-Format angelegt werden. Auch der lesende Zugriff, beispielsweise auf die Route */calendar*, kann Ergebnisse im JSON- oder ICS-Format zurückliefern. Liegen Termine bereits in einer externen Quelle, beispielsweise ei-

nem digitalen Stundenplan oder einer anderen über das Internet erreichbaren Terminsoftware, vor, können diese über den Request *POST /external-feed-subscription* abonniert werden. Damit werden Termine aus dem angegebenen Kalender in den Kalenderservice übernommen und einem angegebenen Scope zugeordnet. Mithilfe eines im Hintergrund laufenden Cron-Jobs werden die Einträge aus dem jeweiligen Feed regelmäßig übertragen, sodass Nutzer/innen stets auf die neuste Version des Feeds zugreifen können.

Da der Kalender-Dienst keine domänenspezifische Kenntnis über die Art der angelegten Termine besitzen muss, ist es leicht möglich, den Kalenderservice in andere Schul-Cloud-Services zu integrieren.

4.5 Dateimanagement

Der Dateimanagement-Service wird implementiert, damit Schüler/innen und Lehrer/innen Dateien ablegen können, die dann auf allen Endgeräten verfügbar sind. Die interne Speicherung der Daten ist hierbei über ein sogenanntes Strategy-Pattern [2] abstrahiert. Dadurch kann der Service für die interne Speicherung der Binärdateien auf verschiedene Lösungen und Systeme zurückgreifen.

Im Rahmen der Schul-Cloud wird zunächst Amazons S3 API Standard unterstützt. Hierbei wird anbieterseitig ein sogenannter Bucket erstellt, in welchem die Dateien gespeichert werden. Jede Datei hat einen eindeutigen Key und eine Versionsnummer, mit der sie identifiziert werden kann. Über eine REST-Schnittstelle kann auf den Bucket und die jeweiligen Dateien im Bucket zugegriffen beziehungsweise neue Dateien hochgeladen werden. Die S3 API hat sich als De-facto-Standard im Bereich der Storage APIs etabliert. Ihre Unterstützung ermöglicht sowohl den Einsatz von Amazons Lösung als auch zahlreicher anderer Lösungen, die diese API unterstützen. Hierzu zählen Private Cloud-Lösungen wie OpenStack aber auch dedizierte Open-Source-Produkte⁷.

Pro Schule wird automatisch jeweils ein Bucket eingerichtet, in dem die Dateien aller zu dieser Schule gehörigen Beteiligten gespeichert sind. Somit kann auf Landes-, Träger- oder Schulebene jeweils ein anderer Anbieter zum Speichern der Binärdateien gewählt werden. Der Datei-Dienst selbst bietet eine S3-kompatible API an. Über den Schul-Cloud Client-Distributor wird zusätzlich ein komfortabler Client zur Verfügung gestellt⁸. Dabei übernimmt die Schul-Cloud das Speichern von zusätzlichen Metadaten, die Erzeugung von Thumbnails und die Verwaltung von Berechtigungen. Auch das Teilen von Inhalten soll ermöglicht werden. Der Service kann zudem von anderen Services verwendet werden, sollten diese eine binäre Dateiablage benötigen.

⁷Eine Ausnahme bildet derzeit Microsofts *Azure*. Hier käme ein Adapter zum Einsatz.

⁸Momentan ist nicht geplant, diese API extern zugänglich zu machen.

4.6 Hausaufgaben und sonstige Aktivitäten

Der Hausaufgaben-Dienst stellt die Basis für ein digitales Hausaufgabenbuch bereit. Hausaufgaben und andere Aktivitäten, welche im schulischen Kontext zu erledigen sind, können durch den Lehrenden oder die Schüler/innen selbst angelegt werden.

In einer ersten Version gleicht der Dienst einer digitalen To-do-Liste. Er kann so erweitert werden, dass auch die Bereitstellung und das Einreichen von bearbeiteten Aufgaben durch ihn abgedeckt wird. Eine zukünftige Anbindung an den Kalender- und den Benachrichtigungsdienst soll dabei helfen, zeitlich begrenzte Abgaben rechtzeitig zu bearbeiten und hochzuladen.

4.7 Kollaboration

Aufgrund ihrer Omnipräsenz kann eine deutschlandweit genutzte Schul-Cloud die kollaborative Zusammenarbeit der Nutzer potenziell fördern. Innerhalb der Schul-Cloud wird zwischen Angeboten, die sich explizit zur Förderung kollaborativen Arbeitens anbieten und solchen, die eine Kollaboration eher implizit fördern, differenziert. Während zu letzterem unter anderem der Inhalte-Dienst zählt, sind explizite Tools beispielsweise unterschiedliche Editoren für ein gemeinsames Erstellen und Bearbeiten von Arbeitsergebnissen. Neben Open-Source-Lösungen ist hier insbesondere Office365 mit den darin enthaltenen Anwendungen Word und PowerPoint zu nennen, die je nach Paket nur online als webbasierte Variante und/oder offline als native Anwendung zur Verfügung gestellt werden. Eine möglichst nahtlose Integration und Anbindung solcher Tools ermöglicht kollaboratives Arbeiten über den Lernraum Schule hinaus.

Kritisch zu hinterfragen ist hingegen die Bereitstellung von Anwendungen und Diensten durch die Schul-Cloud, welche primär der Kommunikation dienen. Messenger wie WhatsApp haben hier, auch wenn diese aus Datenschutzgründen häufig als inakzeptabel zu betrachten sind, bereits einen Verbreitungs- und Akzeptanzfaktor, der die Einführung von konkurrierenden Diensten erschwert. Daher muss zuerst eine Akzeptanzevaluation im Rahmen des Pilotbetriebes vorgenommen werden.

4.8 Learning Analytics

In der ersten Pilotphase wird noch kein Schwerpunkt auf das perspektivisch immer wichtiger werdende Thema Learning Analytics gesetzt. Allgemeine Vorbereitungen für den Einsatz von Learning Analytics sollen jedoch bereits getroffen werden. Grundsätzlich befindet sich der Einsatz von Learning Analytics in einem Spannungsverhältnis mit dem Datenschutzgrundsatz der Datensparsamkeit. Durch Maßnahmen wie Anonymisierung lässt sich dies jedoch zumindest teilweise entspannen.

Bei der Nutzung der Apps und der Weboberfläche sollen eventbasierte Daten an einen hierfür bereitgestellten Endpunkt gesendet werden. Hierfür bietet sich eine xAPI-artige Ausprägung an, wie sie von Renz et al. [6] vorgeschlagen wird. Dieser Endpunkt kann perspektivisch auch von angebundenen Tools genutzt werden.

4.9 Single Sign-on – Ein Login für alle Dienste

Single Sign-on (SSO) bedeutet, dass Nutzer/innen sich mit ihren Zugangsdaten einer Plattform auf verschiedenen anderen Plattformen anmelden können, insofern letztere das Single Sign-on des ersteren Anbieters ermöglichen. In der Schul-Cloud wird SSO bereits für Moodle, LernSax und ITSLearning unterstützt. Nutzer/innen müssen also keinen neuen Account für die Schul-Cloud erstellen, wenn sie bereits über einen Zugang zu einem der genannten Systeme verfügen. Voraussetzung für den SSO ist, dass die Schule eines dieser Subsysteme bereits einsetzt, die Schüler/innen dort registriert sind und das System über das Internet erreichbar ist.

Des Weiteren sollen in der Zukunft auch Services genutzt werden, bei denen die Zugangsdaten der Schul-Cloud als SSO genutzt werden können, wie z. B. Office 365. Die Schul-Cloud kann in Zukunft als OAuth Provider agieren, um sich mit der Schul-Cloud bei anderen Diensten anzumelden und dann Gebrauch zu machen von Single Sign-on.

Diese Funktionalität ist wichtig für Kollaborations- und andere angebundene Tools, aber auch für Lerninhalte, die von anderen Anbietern bereitgestellt und ausgeliefert werden. Hierbei ist insbesondere aus Datenschutzgründen zu klären, welche Daten an diese übermittelt werden. Erstrebenswert ist, dass diese über keine explizit personenbezogenen Daten verfügen. Da diese aber zur Nutzung von Tools notwendig sein kann gilt es Konzepte und Lösungen zu erarbeiten, die diese Informationen zur Laufzeit wieder in der Software anzeigen. Dies kann bspw. über einen Proxy oder ein zur Laufzeit im Browser ausgeführtes Script erfolgen.

4.9.1 Registrierungsprozess

Im ersten Schritt setzt sich die als Schuladministrator bestimmte Person mit dem Schul-Cloud-Team in Verbindung. Daraufhin erhält er von diesem einen personalisierten Einladungslink. Nach dem Vervollständigen der Daten zu seiner Person und der Schule erhält der Administrator via E-Mail einen Bestätigungslink, nach dessen Aufruf er sich mit seiner E-Mail-Adresse und seinem Passwort anmelden kann.

Dem Administrator steht in der Schul-Cloud eine spezielle Konfigurationsseite zur Verfügung. Dort kann er Lehrer/innen einladen sowie Klassen und Kurse anlegen. Die eingeladenen Lehrer/innen erhalten daraufhin ebenfalls einen personalisierten Einladungslink. Nachdem sich der Lehrer/in eingeloggt hat, kann auch dieser Klassen und Kurse anlegen. Zum Einladen von Schüler/innen kann

ein Einladungslink (Kurz-URL) generiert werden, welcher per E-Mail verbreitet oder an die Tafel geschrieben werden kann.

Falls eine Schule kein bereits bestehendes System wie Moodle, Lernsax oder ITSLearning einsetzt, muss der Schüler/in sich über den bereitgestellten Link des Lehrers anmelden. Dort gibt der Schüler/in seine Daten ein und erhält via E-Mail einen Bestätigungslink.

Ist eine Schule hingegen an ein bereits bestehendes System angebunden, wird dieses als Verifizierungssystem genutzt. Damit wird sichergestellt, dass der Schüler/in auch Schüler/in an der angegebenen Schule ist. Beim der ersten Anmeldung wird der Schüler/in bei Bedarf auf die Registrierungsseite weitergeleitet, wo er gegebenenfalls fehlende Daten ergänzen kann.

Verfügt ein Schüler/in über keine eigene E-Mail-Adresse, wird im Bedarfsfall eine Pseudo-Mail-Adresse erstellt. Im Rahmen des Registrierungsprozesses müssen die Nutzungsbedingungen der Schul-Cloud bestätigt werden.

4.10 Schul-Cloud Server

Der Schul-Cloud-Server übernimmt insbesondere in der Pilotphase das Organisations- und Identitätsmanagement. Hierzu gehört die Authentifizierung durch externe Dienste (beispielsweise Moodle, LernSax oder ITSLearning, siehe Kapitel 4.9). Er dient zusätzlich dem Vermitteln von nach außen bereitgestellten Funktionen und deren Weiterreichung an interne Schul-Cloud-Dienste. Außerdem stellt der Schul-Cloud Server die LTI-Funktionalität bereit, welche eine der Möglichkeiten zur Anbindungen externer Tools darstellt.

Der Schul-Cloud Server basiert auf den in Kapitel 3.2 beschriebenen Web-Technologien Feathers, Node.js, JavaScript und MongoDB. Durch Feathers ist der Server aus vielen Services aufgebaut, welche im Bedarfsfall vom System abgekapselt und als eigene Microservices betrieben werden können. Um mit dem Server kommunizieren zu können, wird eine RESTful API bereitgestellt. Zur Unterstützung von Echtzeitkommunikation werden WebSockets verwendet. Diese erlauben eine synchrone Kommunikation zwischen Client und Server. So kann der Client beispielsweise über Änderungen wie neue oder aktualisierte Daten informiert werden und sich daraufhin eigenständig aktualisieren.

4.11 Webclient/Frontend

Der Schul-Cloud Webclient basiert auf den in Kapitel 3.2 beschriebenen Web-Technologien ReactJS, Node.js und JavaScript. Der Webclient wird zur Laufzeit als eigenständige JavaScript-Applikation an den Nutzer ausgeliefert. Anschließend kommuniziert der Webclient des Nutzers direkt über eine WebSocket-Verbindung mit dem Schul-Cloud Server.

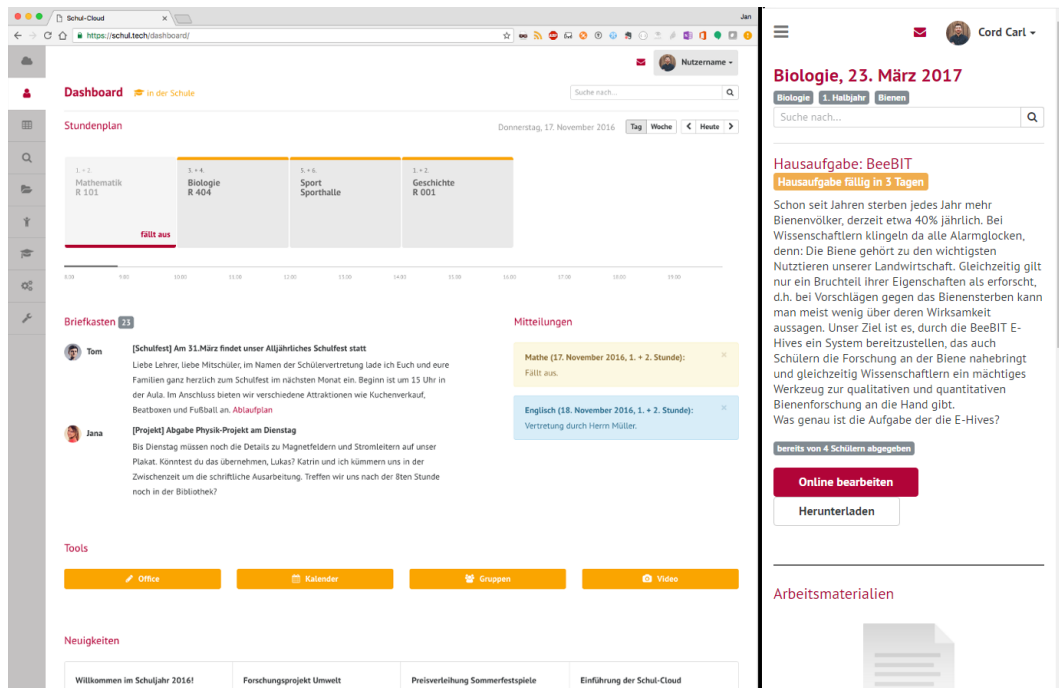


Abbildung 4.4: Ansicht des Dashboards (Entwurf) mit unterschiedlicher Bildschirmauflösung

Da ab diesem Zeitpunkt lediglich Nutzdaten im JSON-API-Format zwischen Schul-Cloud Server und Client ausgetauscht werden, wird unnötiger Datenverkehr vermieden. Die Web-Oberfläche (siehe Abbildung 4.4) passt sich im Sinne einer „Responsive-Web-App“ der verfügbaren Bildschirmgröße an, um unabhängig vom benutzten Gerät eine optimale Darstellung zu ermöglichen. Darüber hinaus verfügt sie über kontextsensitive Modi, die beispielsweise in Abhängigkeit der Tageszeit unterschiedliche Ansichten (zu Hause / in der Schule) bieten.

4.12 Mobile native Apps

Nach der Installation einer nativen Schul-Cloud-Anwendung (App) auf den mobilen Endgeräten der Schüler/innen ist die Schul-Cloud immer schnell aufrufbar. Im Gegensatz zu einer Website kann die App auch auf native Funktionalitäten wie Kamera, GPS und andere Sensoren der jeweiligen Geräte zugreifen. Grundsätzlich sind durch die Verfügbarkeit einer API aller Schul-Cloud-Funktionalitäten die besten Voraussetzungen gegeben, um eine native mobile Anwendung anzubieten. Hierbei bieten sich drei Varianten an.

Die einfachste Version ist das Ausliefern des auch im Web verwendeten Clients in einer nativen Hülle. PhoneGap ist für diese Variante als prominenter Vertreter von Frameworks zur Erstellung hybrider Applikationen für mobile Endgeräte zu

nennen. Die daraus entstehenden Applikationen sind hybride Apps, die sowohl mit Android als auch iOS und Windows Phone nutzbar sind. PhoneGap ermöglicht außerdem den Zugriff auf die oben beschriebenen nativen Funktionalitäten der jeweiligen Geräte. Somit müssen lediglich wenige Teile der Client-Anwendung erweitert und angepasst werden. Die Nutzeroberfläche ist identisch zu der mobilen Webversion und auf allen Plattformen gleich.

Alternativ kann die Anwendung als native App [1] umgesetzt werden, welche auf die dokumentierte REST-API der Schul-Cloud zugreift. Hierdurch kann eine noch bessere Nutzbarkeit und Anpassung an betriebssystemnahe Funktionen realisiert werden. Dies betrifft unter anderem die Verwendung der App bei mangelhafter oder nicht vorhandener Internetanbindung. Eine Option ist die gänzlich native Umsetzung der Anwendung, die für jede Plattform in den jeweils plattform-spezifischen Sprachen und Frameworks umgesetzt wird. Alternativ kann die Realisierung einzelner Teile der Applikation in React Native⁹ evaluiert werden.

Um den Aufwand für Wartung und Weiterentwicklung gering zu halten, kann auch in den nativen Anwendungen ein hybrider Ansatz verfolgt werden. Selten verwendete Teile der Anwendung werden dabei als WebView eingebunden. Eine endgültige Entscheidung zur konkreten Entwicklung der mobilen nativen Apps erfolgt nach ausgiebiger prototypischer Evaluation der verschiedenen Lösungen.

⁹Siehe <https://facebook.github.io/react-native/>, letzter Zugriff: 10.02.2017.

5 Nächste Schritte auf dem Weg zur Schul-Cloud

Für einen erfolgreichen Verlauf der Pilotphase sind als nächste Schritte die Implementierung und Testung der konzeptionierten Komponenten geplant. Die Einbeziehung der 25 Pilotschulen aus dem MINT-EC-Netzwerk sowie die bildungswissenschaftliche Begleitung sind hierbei wesentliche Bestandteile.

5.1 Implementierung und Testung

In der Pilotphase sollen beispielhafte Lernanwendungen über die Schul-Cloud abgebildet werden. Die in der Pilotphase bereitgestellten Dienste orientieren sich an den erhobenen Anwendungsszenarien (Dateiaustausch, Lernortvernetzung, Kollaboration und Differenzierung). Getreu eines agilen Ansatzes ist die (Weiter-)Entwicklung und Testung über die gesamte Projektlaufzeit vorgesehen.

Austausch mit themennahen Initiativen

Die Schul-Cloud ist in einem komplexen Gefüge aus diversen Stakeholdern zu verorten. Neben den Pilotschulen und Inhalte-Anbietern sind IT-Dienstleister, Expert/innen aus der Fachcommunity sowie verwandte Initiativen zu nennen. Die effiziente Einbindung all dieser Akteure ist eine wichtige Basis für die erfolgreiche Pilotierung der Schul-Cloud. Die Grundlage dafür bildet ein gemeinsames Verständnis aller beteiligten Stakeholder hinsichtlich der Erwartungen, Inhalte, Leistungen, Ziele und Verwendungsaussichten. Ein wissenschaftlich orientierter sowie technisch basierter Austausch mit verwandten Initiativen auf nationaler und/oder internationaler Ebene ist unabdingbar, um Synergiepotenziale zu eruieren. Inhaltlich geht es dabei insbesondere um das Leistungsportfolio, mögliche Schnittstellen, die Leistungsfähigkeit und offene Bedarfe, welche die Schul-Cloud adressieren sollte.

Einbindung bestehender Ansätze und Inhalte

Die Schul-Cloud ist eine übergreifende und integrative Lösung. Sie soll bestehende Ansätze und Lösungen nicht ersetzen, sondern diese vernetzen und somit einer größeren Gruppe von Nutzer/innen zur Verfügung stellen. Dabei sollen, soweit möglich, bestehende Standards verwendet werden. Die Schul-Cloud soll u. a. folgende Aspekte berücksichtigen:

- Entwicklung von Workflows zur Einbindung bestehender Ansätze
- Anbindung eines Dienstes für Dateimanagement (siehe Kapitel 4.5) zum Ablegen und Teilen von Dateien (einschließlich der von den Pilotschulen erarbeiteten Inhalte), z. B. vorhandene Office 365-Angebote oder andere S3-kompatible Speicher
- Anbindung an Lernmanagement-Systeme (LMS), u. a. zur Authentifizierung
- Anbindung von externen Kollaborationstools
- Lauffähigkeit der Schul-Cloud in PaaS-Systemen und Third-Party-Clouds

Im Bereich von Inhalten ist eine große Vielfalt an Materialien vorhanden. Hierbei gibt es zum einen kostenlose OER-Inhalte sowie kommerzielle Angebote. Diese werden u. a. von OER-Anbietern, Verlagen und Start-ups angeboten. Zusätzlich ist zwischen „statischen“ Inhalten (Videos, Lernblätter) und „dynamischen“ zu unterscheiden (solchen, die eine serverseitige Laufzeitumgebung benötigen). Einschränkend für die Einbindung von Inhalten ist, dass im Moment viele Inhalte-Anbieter noch keine oder ungenügende APIs haben. Die Schul-Cloud wird in diesem Zusammenhang unterschiedliche Schnittstellen (z. B. LTI) anbieten. Diese können von den Anbietern genutzt werden, um die Inhalte über die Schul-Cloud zugänglich zu machen. Damit ist die Schul-Cloud offen für alle Anbieter von Lerninhalten.

Einbindung von IT-Providern

Folgende zwei infrastrukturelle Angebote der Schul-Cloud sollen durch zentrale Dienste geeigneter Cloud-Provider bereitgestellt und modular sowie interoperabel in eine Schul-Cloud-Architektur eingebunden werden:

- Single Sign-On zur zentralen Anmeldung an allen Diensten
- Storage-Dienst zur Ablage von Dateien

5.2 Einbeziehung der 25 Pilotschulen aus dem MINT-EC-Netzwerk

Ausschlaggebend für den Erfolg der Schul-Cloud ist die frühe Einbeziehung der Schulleitungen, Lehrkräfte sowie Schüler/innen. Um dieses Vorgehen zu ermöglichen, wird mit Vertreter/innen der Pilotschulen und dem MINT-EC während der gesamten Pilotphase eng zusammengearbeitet. Nur eine vertrauensvolle, engagierte Kooperation ermöglicht einen nutzenorientierten, zielgruppengerechten sowie nachhaltigen Einsatz der Schul-Cloud. Die Einbindung der Pilotschulen in die Ausgestaltung der Schul-Cloud bedeutet, dass sie:

- Vorschläge für die praktische Arbeit von Schulleitungen, Lehrkräften und der Schülerschaft sowie ggf. Eltern mit der Schul-Cloud benennen,
- Ideen für die inhaltliche Ausgestaltung einbringen und
- Konzepte für die praktische Anwendung der Schul-Cloud erarbeiten.

Zusätzlich wird der MINT-EC mit den Schulen einen Themencluster zur Schul-Cloud bilden. Dieser wird Arbeitsgruppen zu folgenden Themen bilden:

- Schulleitung und Schulorganisation
- Nutzung der Schul-Cloud im Unterricht
- Einsatz von IT

In den Arbeitsgruppen werden während der Pilotphase Konzepte rund um die Schul-Cloud erarbeitet und getestet.

5.3 Bildungswissenschaftliche Begleitung

Um die Schul-Cloud an den bildungspolitischen und pädagogischen Rahmenbedingungen zu spiegeln, werden bildungswissenschaftliche Aspekte durchgängig berücksichtigt. Entsprechende Anregungen sowie Handlungsempfehlungen können maßgeblich dazu beitragen, das volle Potenzial der Schul-Cloud zu entfalten und den Weg für ihre nachhaltige Nutzung zu ebnen.

Einbindung einer Begleitgruppe

Es besteht bereits seit dem Beginn des Schul-Cloud-Projekts eine Begleitgruppe mit Expert/innen aus Vereinen, Unternehmen und Agenturen. Die Begleitgruppe bringt externen Sachverstand, Fragen und Kommentare ein und diskutiert den aktuellen Projektfortschritt. Sie wird weiterhin fortgeführt.

Einbezug weiteren externen Sachverstands

Über die Beratungsleistung hinaus, wird zu einzelnen Themenfeldern, wie z. B. den rechtlichen Rahmenbedingungen, voraussichtlich weiterer externer Sachverstand einbezogen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für den niedrigschwelligen Zugang zu digitalen Unterrichtsinhalten verschiedener Anbieter und deren nahtlose Integration in den Unterricht ist es neben der Rechtssicherheit, dass der Umgang mit diesen Unterrichtsmaterialien für die Lehrkräfte in deren gewohnte Unterrichtsvorbereitung passt und somit wie selbstverständlich erfolgen kann. Hierzu müssen die nötigen (digitalen) Kompetenzen bei den Lehrkräften vorhanden sein. Gleichzeitig brauchen die Lehrkräfte einfach zu handhabende Unterrichtsentwürfe und -anleitungen, die das in der Schul-Cloud zur Verfügung stehende Material sinnvoll in den Unterricht einbeziehen. Den Lehrkräften muss mit diesen Beispielen aufgezeigt werden, wie Unterricht mit digitalen Medien gelingt und wie den

Schüler/innen mit diesem Material die anvisierten Kompetenzen vermittelt werden. Die Hilfsmaterialien sollen mit zuverlässigen Aussagen über die Qualität der Lehrmaterialien verbunden sein¹.

Evaluation

In Hinblick auf die nachhaltige Weiterführung und den perspektivischen Ausbau der Schul-Cloud wird eine prozessbegleitende Evaluation der Pilotphase angestrebt. Diese kann sowohl durch das Projektteam der Schul-Cloud als auch mittels externer Unterstützung durchgeführt werden.

Es werden dafür Erfolgsfaktoren und Evaluationskriterien definiert, deren Erreichung später durch geeignete Instrumente, wie z. B. Fragebögen oder strukturierte Feedback-Interviews, überprüft wird.

¹Ein entsprechendes Unterstützungsangebot durch Prof. Dr. Julia Knopf und Prof. Dr. Silke Ladel (Universität des Saarlandes) liegt dem HPI vor.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Charland und B. Leroux. „Mobile Application Development: Web vs. Native“. In: *Commun. ACM* 54.5 (Mai 2011), Seiten 49–53. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/1941487.1941504.
- [2] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson und J. Vlissides. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. ISBN: 0-201-63361-2.
- [3] M. Kerres. „E-Learning vs. Digitalisierung: Neues Label oder neues Paradigma?“ In: *Handbuch E-Learning*. 61. Ergänzungslieferung. Köln: Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst, 2016. ISBN: 978-3-87156-298-3.
- [4] Kultusministerkonferenz. *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf. Letzter Zugriff: 12.01.2017. 2016.
- [5] T. Rathgeb u. a. *Jugend, Information, (Multi-) Media – Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf. Letzter Zugriff: 11.01.2017. 2016.
- [6] J. Renz, G. Navarro-Suarez, R. Sathi, T. Staubitz und C. Meinel. „Enabling Schema Agnostic Learning Analytics in a Service-Oriented MOOC Platform“. In: *Proceedings of the Third (2016) ACM Conference on Learning@Scale*. ACM. 2016, Seiten 137–140.

Danksagung

Die Autor/innen danken den Mitgliedern der Begleitgruppe (Antares Project GmbH, Arbeitgeberverband Gesamtmetall, bettermarks GmbH, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bündnis für Bildung e.V., Datenschutz und Informationsfreiheit Mecklenburg-Vorpommern, Gymnasium Carolinum, HELLIWOOD media & education, Initiative D21, m2more GmbH, Marie-Curie-Gymnasium, Microsoft Deutschland GmbH, MINT-EC – Das nationale Excellence-Schulnetzwerk, Ratsgymnasium Wolfsburg, SAP, Sekretariat der Kultusministerkonferenz, T-Systems International GmbH, Verband Bildungsmedien, Wilhelm-Ostwald-Gymnasium), den wissenschaftlichen Hilfskräften, den Teilnehmer/innen des Master-Seminars „Einsatz von cloud- und webbasierten Konzepten im schulischen Kontext“, den vielen Gesprächspartner/innen auf Veranstaltungen und in persönlichen Gesprächen sowie insbesondere den Mitgliedern des Bachelorprojektes „Schul-Cloud“ für ihre Unterstützung.

Aktuelle Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts

Band	ISBN	Titel	Autoren / Redaktion
115	978-3-86956-396-1	Symbolic model generation for graph properties	Sven Schneider, Leen Lambers, Fernando Orejas
114	978-3-86956-395-4	Management Digitaler Identitäten: aktueller Status und zukünftige Trends	Christian Tietz, Chris Pelchen, Christoph Meinel, Maxim Schnjakin
113	978-3-86956-394-7	Blockchain : Technologie, Funktionen, Einsatzbereiche	Tatiana Gayvoronskaya, Christoph Meinel, Maxim Schnjakin
112	978-3-86956-391-6	Automatic verification of behavior preservation at the transformation level for relational model transformation	Johannes Dyck, Holger Giese, Leen Lambers
111	978-3-86956-390-9	Proceedings of the 10th Ph.D. retreat of the HPI research school on service-oriented systems engineering	Christoph Meinel, Hasso Plattner, Mathias Weske, Andreas Polze, Robert Hirschfeld, Felix Naumann, Holger Giese, Patrick Baudisch, Tobias Friedrich, Emmanuel Müller
110	978-3-86956-387-9	Transmorphic : mapping direct manipulation to source code transformations	Robin Schreiber, Robert Krahn, Daniel H. H. Ingalls, Robert Hirschfeld
109	978-3-86956-386-2	Software-Fehlerinjektion	Lena Feinbube, Daniel Richter, Sebastian Gerstenberg, Patrick Siegler, Angelo Haller, Andreas Polze
108	978-3-86956-377-0	Improving Hosted Continuous Integration Services	Christopher Weyand, Jonas Chromik, Lennard Wolf, Steffen Kötte, Konstantin Haase, Tim Felgentreff, Jens Lincke, Robert Hirschfeld
107	978-3-86956-373-2	Extending a dynamic programming language and runtime environment with access control	Philipp Tessenow, Tim Felgentreff, Gilad Bracha, Robert Hirschfeld
106	978-3-86956-372-5	On the Operationalization of Graph Queries with Generalized Discrimination Networks	Thomas Beyhl, Dominique Blouin, Holger Giese, Leen Lambers
105	978-3-86956-360-2	Proceedings of the Third HPI Cloud Symposium "Operating the Cloud" 2015	Estee van der Walt, Jan Lindemann, Max Plauth, David Bartok (Hrsg.)
104	978-3-86956-355-8	Tracing Algorithmic Primitives in RSqueak/VM	Lars Wassermann, Tim Felgentreff, Tobias Pape, Carl Friedrich Bolz, Robert Hirschfeld

ISBN 978-3-86956-397-8
ISSN 1613-5652