

Die HPI Schul-Cloud - Von der Vision zur digitalen Infrastruktur für deutsche Schulen

Christoph Meinel, Catrina John, Tobias Wollowski,
HPI Schul-Cloud Team

Technische Berichte Nr. 144

des Hasso-Plattner-Instituts für
Digital Engineering an der Universität Potsdam



Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts für
Digital Engineering an der Universität Potsdam

Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts für
Digital Engineering an der Universität Potsdam | 144

Christoph Meinel | Catrina John | Tobias Wollowski |
HPI Schul-Cloud Team

Die HPI Schul-Cloud – Von der Vision zur digitalen Infrastruktur für deutsche Schulen

Universitätsverlag Potsdam

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

Universitätsverlag Potsdam 2022

<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 Digital Engineering an der Universität Potsdam** wird herausgegeben von den Professoren des Hasso-Plattner-Instituts für Digital Engineering an der Universität Potsdam.

ISSN (print) 1613-5652

ISSN (online) 2191-1665

Das Manuskript ist urheberrechtlich geschützt.

Online veröffentlicht auf dem Publikationsserver der Universität Potsdam

<https://doi.org/10.25932/publishup-53586>

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-535860>

Zugleich gedruckt erschienen im Universitätsverlag Potsdam:

ISBN 978-3-86956-526-2

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1
2	Eine Bildungscloud als Vollendung des humboldtschen Bildungsideals	3
3	Die HPI Schul-Cloud in der Kurzübersicht	13
4	Politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen	15
5	Produktmanagement	19
6	Funktionale Bestandteile	23
7	Schnittstellen und Systemarchitektur	35
8	Onboarding, Hilfematerialien und Fortbildungen	43
9	Technologien	47
10	Software-Architektur	51
11	Nutzung von Komponenten	55
12	Methodik	67
13	Das HPI-Schul-Cloud Team	73

1 Vorwort

Digitale Medien sind aus unserem Alltag kaum noch wegzudenken. Einer der zentralsten Bereiche für unsere Gesellschaft, die schulische Bildung, darf hier nicht hintanstehen. Wann immer der Einsatz digital unterstützter Tools pädagogisch sinnvoll ist, muss dieser in einem sicheren Rahmen ermöglicht werden können. Die HPI Schul-Cloud ist dieser Vision gefolgt, die vom Nationalen IT-Gipfel 2016 angestoßen wurde und dem Bericht vorangestellt ist – gefolgt. Sie hat sich in den vergangenen fünf Jahren vom Pilotprojekt zur unverzichtbaren IT-Infrastruktur für zahlreiche Schulen entwickelt. Während der Corona-Pandemie hat sie für viele Tausend Schulen wichtige Unterstützung bei der Umsetzung ihres Bildungsauftrags geboten. Das Ziel, eine zukunftssichere und datenschutzkonforme Infrastruktur zur digitalen Unterstützung des Unterrichts zur Verfügung zu stellen, hat sie damit mehr als erreicht. Aktuell greifen rund 1,4 Millionen Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler bundesweit und an den deutschen Auslandsschulen auf die HPI Schul-Cloud zu.

Hinter uns liegen spannende und erkenntnisreiche Jahre. Aus einem kleinen Kreis von Pilotschulen des Nationalen Excellence-Schulnetzwerks MINT EC zu Beginn des Projekts sind inzwischen rund 4.000 Schulen geworden, die die HPI Schul-Cloud nutzen, in den Bundesländern Brandenburg, Niedersachsen und Thüringen ist sie als Landeslösung im Einsatz. Das System, pandemiebedingt mehr als ein Jahr vor der geplanten Fertigstellung in kürzester Zeit für alle interessierte Schulen in Deutschland zu öffnen und damit für eine deutlich größere Zahl von Nutzern zu skalieren, hat uns vor enorme Herausforderungen gestellt. Dass uns dies gelungen ist, verdanken wir nicht zuletzt unseren starken Partnern sowie all den Schulleitungen, Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern, die uns ihr Vertrauen geschenkt haben. Umso mehr freuen wir uns, dass sich die Bundesländer Niedersachsen, Brandenburg und Thüringen, die bereits landesspezifische Varianten der HPI Schul-Cloud anbieten, das Projekt nach seinem planmäßigen Abschluss am Hasso-Plattner-Institut (HPI) im Sommer 2021 in eigenen Verantwortung übernommen haben und betrieben durch Dataport AÖR für die schulische und berufliche Bildung weiterentwickeln.

Prof. Dr. Christoph Meinel
Leiter des HPI Schul-Cloud-Projekts und
Direktor des Hasso-Plattner-Instituts (HPI)

2 Eine Bildungscloud als Vollendung des humboldtschen Bildungsideals

Essay zum Nationalen IT-Gipfel 2016 Saarbrücken „Lernen und Handeln in der digitalen Welt“

Der Name Wilhelm von Humboldts wurde in bildungspolitischen Debatten der vergangenen Jahre in der Regel bemüht, wenn es darum ging, unliebsame Reformen des deutschen Bildungswesens wie die Bologna-Reform abzuwehren. Dem aufmerksamen Bürger entgeht dabei nicht, dass diese Bezüge oft wohlfeil gebraucht wurden und aus dem Kontext gerissene Schlagwörter des Humboldt'schen Ideals für eigene Zwecke vereinnahmten. Die berühmte Formel, dass das Humboldt'sche Bildungsideal durch Veränderungen im deutschen Bildungswesen jedweder Art „in Gefahr“ sei, geistert dabei schnell durch die Feuilletons der großen Zeitungen. Was auch immer man von der einen oder anderen Reform halten mag, um in Gefahr zu sein, müsste das Ideal zunächst einmal Anwendung gefunden haben. Ist man ehrlich, dann muss man feststellen, dass sich das Humboldt'sche Bildungsideal in Deutschland nie vollständig durchgesetzt hat [6, Seite 18]. Dies festzustellen soll jedoch nicht die Vereinnahmung Humboldts durch ganz verschiedene Interessengruppen bloßstellen – tatsächlich gab es viele institutionelle, kulturelle und technische Gründe, warum das Ideal nie erreicht werden konnte. Heute sind wir erstmals in der Geschichte technisch überhaupt in der Lage, das Bildungsideal Wilhelm von Humboldts vollständig in die Tat umzusetzen. Möglich machen das die im Bildungskontext oft noch unverstanden und vielgescholtenen digitalen Technologien, mit deren Anwendung in Deutschland eine bürgerliche Bildungsrevolution nach der Vorstellung Humboldts realisiert werden kann.

Humboldts Idee

Der Bildungsreformer entwickelte seine Vorstellungen zu einem freiheitlichen, effektiven und modernen Bildungssystem in einer tiefen Krise eines maroden autoritären Staates. Preußen wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts vom napoleonischen Frankreich vernichtend geschlagen. Einer der wichtigsten Gründe für die Niederlage war die mangelhafte institutionelle, ökonomische und bildungsbezogene Verfassung und fehlende Wettbewerbsfähigkeit des Königreichs Preußen. Es hatte dem modernen, bürgerlichen französischen Staat schlichtweg wenig entgegenzusetzen. Humboldt war nach dem Zerfall der alten Ordnung zusammen mit anderen Reformern vom preußischen König beauftragt worden, die preußi-

schen Institutionen zu modernisieren. Visionär erkannten er und seine Mitstreiter, dass der Schlüssel, um aus dem feudalen und militaristischen Regime einen leistungsfähigen modernen bürgerlichen Staat zu formen, darin lag, das preußische Bildungssystem grundlegend zu reformieren:

1. Eine breite Allgemeinbildung sollte nicht mehr nur der Elite vorbehalten sein, sondern zur Grundausstattung jedes preußischen Bürgers gehören. Humboldt *„verlangt, dass Bildung, Weisheit und Tugend so mächtig und allgemein verbreitet, als möglich, unter [dem Volk] herrschen.“* [2, Seite 236] Es entsprach außerdem seiner Auffassung, dass *„es [...] schlechterdings gewisse Kenntnisse [gibt], die allgemein sein müssen und [...] die keinem fehlen darf. Jeder ist offenbar nur dann ein guter Handwerker, Kaufmann, Soldat und Geschäftsmann, wenn er an sich und ohne Hinsicht auf seinen besonderen Beruf ein guter, anständiger, seinem Stande nach aufgeklärter Mensch und Bürger ist. Gibt ihm der Schulunterricht, was hierzu erforderlich ist, so erwirbt er die besondere Fähigkeit seines Berufs nachher sehr leicht und behält immer die Freiheit, wie im Leben so oft geschieht, von einem zum andern überzugehen.“* [3, Seite 218] Hier wird klar, dass es Humboldt im Bereich schulischer Bildung darum geht, Kompetenzen zu vermitteln, die grundlegend für das Verständnis der verschiedenen Lebenswelten sind und die darüber hinaus befähigen, sich neue Kenntnisse anzueignen.
2. Heutzutage neigt man dazu, unter Bildungsgerechtigkeit intellektuelle Gleichheit zu verstehen. Dieser Gedanke war Humboldt fremd. Nur diejenigen mit einer besonderen Eignung sollten studieren. Der ideale Student muss so beschaffen sein, dass *„er physisch, sittlich und intellektuell der Freiheit und Selbsttätigkeit überlassen werden kann und vom Zwang entbunden nicht zu Müßiggang oder zum praktischen Leben übergeh[t], sondern eine Sehnsucht in sich tragen wird, sich zur Wissenschaft zu erheben.“* [1, Seite 235] Mit anderen Worten ist der Zweck der Universität vom Ursprung her selbstständige Forschung und nicht einfachhin die Fortsetzung der Schule in größeren Klassenräumen. Eigenständigkeit, Selbstkontrolle, Sehnsucht nach Wissen und die Bereitschaft dieses Wissen mit anderen zu vermehren und zu teilen, sind wesentliche Grundzüge der Universität. Wer dahin „getragen“ werden muss, sollte laut Humboldt nicht studieren.
3. Für die höheren Bildungseinrichtungen sieht Humboldt eine grundlegende Unabhängigkeit der Universitäten von verschiedenen Machtgruppen und Interessenverbänden vor und fordert für das Gelingen relevanter Forschung einen strikten Wettbewerb, um neue Ideen. *„Er [der Staat] muss sich eben immer bewusst bleiben, dass er nicht eigentlich dies [Forschung] bewirkt noch bewirken kann, ja, dass er vielmehr immer hinderlich ist, sobald er sich hineinmischt, dass die Sache an sich ohne ihn unendlich besser gehen würde. [...] [Außerdem muss er] im Ganzen von ihnen nichts fordern, was sich unmittelbar und geradezu auf ihn bezieht, sondern die innere Überzeugung hegen, dass, wenn sie ihren Endzweck erreichen, sie auch seine Zwecke und zwar von einem viel höheren Gesichtspunkte aus erfüllen, von einem, von dem sich viel mehr zusammenfassen lässt und ganz*

andere Kräfte und Hebel angebracht werden können, als er in Bewegung zu setzen vermag.“ [1, Seiten 231, 234] Dennoch darf es keine universitätsinternen Klüngel geben, der letztendlich darauf hinwirkt, dass Professoren nur befreundete Kollegen berufen. Die Folge wäre, dass nur ähnliche Ideen kultiviert werden und die kritische Atmosphäre verloren ginge. Er schlägt daher vor, dass der Staat die Professoren beruft [1, Seite 239], was in gewisser Weise der Forderung, dass eine Universität unabhängig von staatlichem Einfluss sein soll, widerspricht. Um diesen Widerspruch aufzulösen, muss man den Geist des humboldtschen Ideals bemühen. Modern gewendet müsste man demnach die Forderung aufstellen, dass nicht nur ein homogenes Professorium Berufungen durchführt, sondern ein Gremium, das unterschiedliche Interessen und Ansichten repräsentiert, um die erwünschte „kritische Reibung“ im intellektuellen Universitätsbetrieb zu generieren.

4. Schließlich bestimmt Humboldt den Inhalt und Modus des universitären Bildungsstrebens. *„Es ist ferner eine Eigentümlichkeit der höheren wissenschaftlichen Anstalten, dass sie die Wissenschaft immer als ein noch nicht ganz aufgelöstes Problem behandeln und daher immer im Forschen bleiben, da die Schule es nur mit fertigen und abgemachten Kenntnissen zu tun hat und lernt. Das Verhältnis zwischen Lehrer und Schüler wird daher durchaus ein anderes als vorher. Der erstere ist nicht für die letzteren, beide sind für die Wissenschaft da.“ [1, Seite 230] Aus diesem Ausspruch, wird heute die am meisten bemühte Forderung Humboldts an das Universitätswesen abgeleitet – die Einheit von Forschung und Lehre. Der Hochschulforscher Pasternack hält diesen Kurzschluss für verwegen und nachträglich durch die Geschichtsschreibung konstruiert [5, Seite 20]. Der dogmatische Anspruch der Einheit von Forschung und Lehre lässt sich aus dieser Quelle keinesfalls ableiten. Humboldt beschreibt, dass der ideale Student (siehe Punkt 2) gemeinsam mit dem Professor lernt und forscht. Aber nicht, dass der Professor neben seiner Forschung altes generisches Wissen vortragen muss, das sich der ideale Student durch Bücherlesen, durch Zuhören bei anderen Lehrkräften oder durch andere Lernformen selbst aneignen kann.*

Bildung heute

Die Digitalisierung hat in unserer Zeit weite Teile der alltäglichen Lebenswelt erfasst. Praktisch jeder verfügt über einen oder mehrere Email-Accounts, die meisten Bürger besitzen Laptops, Tablets, Smartphones oder andere mobile Anzeigergeräte, mit denen sie immer und überall Zugang zum World Wide Web und seinen vielfältigen Angeboten haben. Dabei sind die Möglichkeiten, die die Digitalisierung im Bereich der Bildung bieten kann, nur durch die menschliche Vorstellungskraft begrenzt. Schon jetzt entziehen sich die vielgestaltigen Angebote einer einfachen Aufzählung, obwohl das meiste noch gar nicht erdacht, geschweige denn erprobt ist.

Trotz dieses ungeheuren Potentials hat die Digitalisierung noch keinen relevanten Einzug in das deutsche Bildungs- und Wissenschaftssystem gehalten. Es wird unterrichtet und gelehrt in tradierter Weise wie zu alten Zeiten, als ein Wissender – Lehrer oder Professor – seine Schüler oder Studenten mit einem thematisch präzise und eng gefassten Wissen bedient. Tafel und Kreide halten sich bis heute hartnäckig in den Klassenzimmern und Hörsälen der Republik, obwohl fast alle Schüler und Studenten über Smartphones und Tablets verfügen.

Neue Medien und Technologien kommen im deutschen Schulalltag aufgrund infrastruktureller Probleme nur vereinzelt und punktuell zum Einsatz. Insofern kann sich auch kein gefestigtes pädagogisches Verständnis entwickeln, wann und unter welchen Bedingungen digitale Lerninhalte im Unterricht am sinnvollsten und wie eingesetzt werden. Ein ähnliches Bild zeigt sich in den meisten deutschen Universitäten, wo traditionell ganz überwiegend analoge Lehrangebote zum Einsatz kommen. Anstatt dazu aber in eine fruchtbare Auseinandersetzung einzutreten, werden die neuen Medien oft mit ganz oberflächigen und fadenscheinigen Argumenten abgelehnt bis hin zu platten Talkshow-tauglichen Warnungen vor einer digitalen Demenz.

Kurz gesagt, unser Ausbildungssystem und seine Bildungsinhalte und -angebote entsprechen immer weniger der von der digitalen Transformation in Alltag und Beruf der Bürger geprägten Lebenswirklichkeit. Wichtige Fähigkeiten, die jeder Berufstätige schon heute im Umgang mit digitalen Medien braucht, werden nicht im Unterricht erlernt und eingeübt, sondern müssen sich autodidaktisch angeeignet werden. Das ist tragisch und gesellschaftspolitisch unverantwortlich. Für Humboldt musste die Schule die Grundlagen schaffen, um sich später als selbstständiger und mündiger Bürger im beruflichen und gesellschaftlichen Leben zurechtzufinden. Er würde ganz sicher protestieren und ein Schulsystem entschieden ablehnen, in dem die die Lebenswirklichkeit bestimmenden Fähigkeiten nicht im Unterricht erworben werden können, sondern erst, wenn es zur Pause oder zum Schulschluss läutet.

Bildungsforscher schlagen seit vielen Jahren Alarm, dass die „Bildungsungerechtigkeit“ in Deutschland nicht nur beständig hoch sei, sondern seit der Digitalisierung auch steige. Kinder aus akademischen und „heilen“ Elternhäusern hätten demnach höhere Chancen, beruflich erfolgreich zu sein. Dabei wird die monierte Ungleichheit häufig pauschal der Digitalisierung angelastet. Das ist ein äußerst irritierender Kurzschluss, da der Grund wohl eher darin zu suchen ist, dass digitale Kompetenzen, welche für die soziale Integration und den wirtschaftlichen Erfolg in Gegenwart und Zukunft besonders relevant sind, in der Schule keine Rolle spielen und nicht entwickelt werden, sondern außerhalb der Schule autodidaktisch erlernt werden müssen.

Im Grunde finden wir heute eine ähnliche Situation vor wie zu Zeiten Humboldts: Das zeitgenössische Ausbildungssystem kümmert sich nur sehr beschränkt um die Entwicklung von Kompetenzen, ohne die die moderne Welt nicht gemeistert werden kann. Heute wäre Humboldt ein Verfechter der Digitalisierung, weil er nicht nur verstünde, dass digitale Kompetenzen für einen aufgeklärten Bürger unserer Zeit die Voraussetzung für eine mündige Teilhabe in Wirtschaft und

Gesellschaft sind, sondern auch, weil mit dem Cloud-Computing technische Infrastrukturen bereitstehen, mit denen seine Bildungsideale auch technologisch leicht realisiert werden könnten.

Wie kann das humboldtsche Bildungsideal heute erreicht werden?

Nach dem Aufkommen der Digitalisierung in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts mit ihren anfänglichen hektischen Entwicklungssprüngen von wenigen Großrechnern über die große Verbreitung von Personal Computer und deren Verknüpfung über das Internet hin zu kabellosen Netzwerken und mobilen Laptops, Tablets und Smartphones ist mit dem Cloud Computing und den weltumspannenden Internet-Plattformen inzwischen ein konsolidierter Stand der Technik erreicht, der es ermöglicht, für jeden und von überall aus nutzbare umfassende digitale Bildungsplattform bereitzustellen. Unabhängig von Ort, Zeit, Geschlecht, Alter, sozialer Stellung und Qualifikation könnten heute Bildungsinhalte für Jeden frei nutzbar verbreitet und angeboten werden. Alle wichtigen Bildungsetappen könnten niedrigschwellig und kostenfrei oder preiswert digital abgebildet werden und es gilt, diese Vision einer zukunftsfähigen Wissensplattform, einer „Bildungscloud“ zu verwirklichen.

Bei der Etablierung einer Cloud-Struktur im Bildungswesen ist es wichtig, Schritt für Schritt vorzugehen und alle wichtigen Bildungspartner von der Notwendigkeit des Projekts zu überzeugen. Ein guter Start für die Etablierung einer Bildungscloud ist die Umsetzung der Cloud-Idee in einem Pilotprojekt beispielsweise im Bereich der Schulen. Die Bereitstellung einer Schul-Cloud wäre ein unerlässlicher erster Schritt für die niedrigschwellige Integration von digitalen Lerninhalten in den Schulunterricht. Die Nutzung digitaler Bildungsinhalte könnte endlich Akzeptanz und breiten Einzug in den Unterricht erlangen, die digitale Bildung in Deutschland befördert werden und sich fortlaufend auf weitere Bildungsetappen ausweiten.

Einer der wichtigsten Hinderungsgründe für die Nutzung digitaler Medien in Schulen ist die fehlende Infrastruktur. In den Schulen stehen nur eine begrenzte Zahl teurer, aber schlecht gewarteter und unsicherer Rechner zur Verfügung, aufgestellt in Computerräumen oder Rechnerkabinetten. Nur wenige Schüler können so gleichzeitig auf digitale Lerninhalte zugreifen, in den meisten Klassenräumen und Unterrichtsfächern ist das vollkommen unmöglich. Die auf diesen Rechnern installierten oder über sie erreichbaren digitalen Inhalte stehen schon zu Hause für die Hausaufgaben oder in der Nachbarschule nicht zur Verfügung. Damit in jedem Unterrichtsfach und von allen Schülern digitale Lerninhalte gleichzeitig abgerufen werden können, müssen die Rechner aus den Schulen. Die digitalen Lerninhalte müssen in einer modernen Cloud-Architektur vorgehalten werden, die auf im Land verteilten und professionell gewarteten Rechenzentren gehostet wird. Zur Nutzung in den Schulen bzw. von zu Hause braucht es lediglich einen Breitband-Internetanschluss, mit WLAN ausgeleuchtete Klassenzimmer sowie ein-

fache digitale Anzeige- und Eingabegeräte. Das können natürlich Rechner oder Laptops sein, aber viel besser sind es einfache Tablets oder Smartphones, die entweder von zu Hause mitgebracht werden können – wie „bring your own device“ – oder von der Schule zur Verfügung gestellt werden.

Sobald diese im Vergleich zur heutigen Bereitstellung einer Zahl von Schulrechnern viel preiswertere und vor allem technisch langlebigere Ausstattung vorhanden ist, können die Bildungsangebote, die zur Zeit in dezentralen „Speichern“ in Schulen und anderen Einrichtungen vorgehalten werden, einfach über einen Webbrowser aus der Schul-Cloud hochgeladen und genutzt werden. Schüler und Lehrer können in allen Schulfächern auf die für sinnvoll befundenen Bildungsangebote zugreifen und digitale Kompetenzen in jedem Unterrichtsfach erwerben. Gleichzeitig würde die Cloud Lehrer, Schüler, Unternehmen und öffentliche Institutionen dazu anregen, neue webbasierte Bildungsangebote auf hohem Niveau zu entwickeln und anzubieten. Es ist zu erwarten, dass innerhalb kürzester Zeit eine Vielzahl innovativer digitaler Lehr- und Lernangebote entstehen und Lehrer nur noch diejenigen auswählen müssten, die für ihre Unterrichtseinheit relevant sind und dort eingebaut werden können. Durch die Nutzung und Bewertung einzelner Lernanwendungen entsteht gleichzeitig eine effektive Qualitätskontrolle durch die Nutzer. Mit den Mitteln der Learning Analytics können die digitalen Lernangebote auf der Basis des Nutzerverhaltens gezielt weiterentwickelt und Lernen individueller und erfolgreicher gestaltet werden.

Der Erfolg jeder Cloud-Lösung hängt davon ab, wie viele Nutzer sich beteiligen, wie gut die Internetanbindung und die Ausstattung mit mobilen Anzeigegegeräten ist. Deshalb ist es wichtig, die Cloud-Architektur nicht unnötig zu duplizieren oder zu vervielfältigen, wie etwa durch eigene Clouds der Bundesländer, großer Städte oder Unternehmen. Es macht einen qualitativen Unterschied, ob Bildungsinhalte für einen potentiellen Markt von 40.000 Schulen entwickelt werden oder für 10.000. Damit ist jedoch keinesfalls das Ende des deutschen Föderalismus eingeleitet. Im Gegenteil kann durch die Schul-Cloud ein echter Länderwettbewerb darüber entstehen, welcher länderspezifische Cloud-Zugang am nutzerfreundlichsten und attraktivsten ist, welches Land die meisten oder besten Lerninhalte anbietet und die engagiertesten Programmierer für neue Lerninhalte hervorbringt. Es ist offensichtlich, dass die Schul-Cloud das Potential hat, das Bildungssystem im Sinne des humboldtschen Bildungsideals zu reformieren und gleichzeitig Kosten zu sparen. Die teure Anschaffung und Wartung von schnell veraltenden Rechnern in Schulen wäre überflüssig. Kommunen würden sehr viel Geld sparen und Lehrer hätten mehr Zeit für den Unterricht und zusätzliche Nachhilfeangebote.

Die Vision der Bildungscould

Auch wenn die Idee einer Schul-Cloud bereits disruptiv genug ist, sind damit noch nicht alle Möglichkeiten der Digitalisierung des Bildungssystems erreicht. Erinnerung wir uns, dass es bei Humboldt darum geht, mündige und selbstständige Bürger zu bilden und daran, dass sich Wissen in der heutigen Zeit immer schnell-

ler wandelt. Unter diesen Voraussetzungen reicht es nicht aus, in der Kindheit und Jugend gebildet zu werden, sondern es wird immer wichtiger, lebenslang zu lernen, um mündiger und selbständiger Bürger zu bleiben. Daher besteht die Vision in ihrer Vollendung darin, eine umfassende Bildungscloud zu schaffen, in der sämtliche existierenden und zukünftigen Aus-, Weiter- und Fortbildungsinhalte frei und jederzeit verfügbar sind. Dadurch erweitert sich das Nutzerfeld um Auszubildende, ehrenamtlich Tätige, die ihre überfachlichen Fähigkeiten erweitern wollen, Arbeitssuchende, die sich weiterbilden und auf konkrete Stellen qualifizieren können, Krisen- und Katastrophenkräfte, die schnell und unkompliziert auf bestimmte Einsätze vorbereitet werden müssen, und einfache Arbeitnehmer, die ihre Karriereoptionen verbessern wollen.

Es gibt bereits zahlreiche Initiativen und Technologien, die eine digitale Ausbildung ermöglichen. Dazu zählen Massive Open Online Courses (MOOCs), Blended Learning Strukturen und Lernspiele jeglicher Art. Das Problem ist jedoch, dass es für Nutzer nur sehr schwer ist, unter der Vielzahl von Angeboten, diejenigen zu finden, die für ihren individuellen Fall geeignet und qualitativ hochwertig sind. Außerdem ist eine Zertifizierung bei den meisten Angeboten nicht möglich und die soziale Komponente digitalen Lernens kaum ausgeprägt.

Wie auch bei der Schul-Cloud können die Bereitstellung und Wartung der Hard- und Software sowie die IT-Sicherheitsüberwachung ausgelagert werden. Nutzer und Anbieter von Lerninhalten können sich voll und ganz auf die Verwendung und Entwicklung dieser konzentrieren und dazu beitragen, ein vielfältiges Lernökosystem zu bilden. Jeder registrierte Nutzer kann darüber hinaus ein Lernprofil anlegen, das idealerweise ab der Schulzeit alle relevanten Ausbildungsschritte registriert und den Status der Fortbildung nachvollzieht. Das Bildungscloud-Lernprofil würde so zum persönlichen Lebenslauf werden, der über die individuellen Fähigkeiten und Kenntnisse punktgenaue Auskunft erteilt und so die Bedeutung von weniger aussagekräftigen aggregierten Bewertungssystemen (z.B. Abiturnoten) abnimmt. Es ist heute möglich, mit Hilfe neuester Technologie Nutzer über die Kamera und das Eingabeverhalten ihrer vernetzten Geräte sicher zu identifizieren. So erübrigt sich sogar die Präsenz bei Prüfungen und Zertifikate für online erbrachte Leistungen hätten Gewicht. Auf der Grundlage des digitalen Lebenslaufs kann die Wahl der Studien- und Ausbildungsrichtung vereinfacht werden und wäre nicht mehr von z.T. zufälligen Noten abhängig, sondern von tatsächlicher, individueller Qualifikation.

Die Bildungscloud könnte eine Reihe von zusätzlichen nützlichen Programmen bereitstellen wie beispielsweise einen Bildungsbuddy und einen Bildungscloud-Atlas. Der Atlas verschafft mit einer Lernlandkarte einen Überblick über vorhandene Angebote und verhilft den Nutzern über einen intelligenten Algorithmus, genau die Inhalte zu finden, die für die persönliche Weiterentwicklung relevant sind. Der Bildungsbuddy kann die Lernenden dabei unterstützen, durch den Lernatlas zu navigieren, auf Errungenschaften und Schwächen hinzuweisen und entsprechend Vorschläge für weitere verfügbare Bildungsmodule machen, die auf den erreichten Wissensstand aufbauen. Durch spielerische Elemente, wie dem Erreichen von Zwischenzielen, wird weiterhin die Motivation der Nutzer gesteigert. Außerdem kann

der Lernbuddy auf existierende Lerncommunities und Themenräume verweisen, die für den aktuell erreichten Bildungsstand relevant sind.

Forschungen im Bereich digitalen Lernens heben die große Bedeutung der sozialen Interaktion in digitalen Lernumgebungen hervor [4, Seiten 5 ff.]. Deshalb müssen Lernforen und Tools für die Interaktion in Lerngruppen fester Bestandteil der BildungscLOUD sein. Der Vorteil ist offensichtlich: Durch den direkten Austausch zwischen Nutzern steigt die Motivation, digitale Lernangebote durchzuarbeiten und am Ende auch erfolgreich abzuschließen.

Die Vollendung des humboldtschen Bildungsideals

Die Diskussion zeigt, dass einem herkömmlichen Bildungswesen, das allein auf analogen Materialien und analogen Interaktionen zwischen Lernenden und Lehrenden beruht, die Mittel fehlen, dem großen Bildungsideal nahezukommen, das Humboldt skizzierte. Erst mit Hilfe neuester Digitaltechnologien können die humboldtschen Erwartungen auf den verschiedenen Bildungsebenen realisiert werden:

1. Das heutige analoge Schulwesen bereitet junge Menschen in Deutschland nicht darauf vor, sich in einer digitalen Lebenswelt zurechtzufinden und zu selbstständigen und mündigen Bürgern zu entwickeln. Es zementiert Eliten und trägt so zur Chancenungleichheit bei. Mit der Nutzung von digitalen Medien werden nicht nur die notwendigen Kompetenzen für das digitale Zeitalter erworben, sondern Schüler können individuell, leistungsgerecht und fair ihre Potentiale heben. Geschickt gespielt könnte die Bedeutung der Herkunft der Schüler abnehmen, weil alle Schüler über Cloud-Strukturen praktisch kostenlos auf sämtliche Lerninhalte zugreifen und sich mit anderen Schülern und Lehrern vernetzen können. Das von Humboldt angestrebte Allgemeinwissen, die Kompetenz, die notwendig ist, um sein eigenes Glück zu machen, kann sich so vermitteln.
2. Durch die Nutzung von Cloud-Strukturen, die Möglichkeiten der selbstständigen Vernetzung und Initiierung eigener schulübergreifender Projekte werden Schüler schon frühzeitig an selbstständiges Lernen und Arbeiten herangeführt. Dadurch erhöht sich beim Übergang zu höheren Bildungseinrichtungen die studentische Autonomie.
3. Seit Gründung der Nationalstaaten und Länder sind die Universitäten in Deutschland von diesen finanziert und abhängig. Zwar dürfen die Länder heute auf universitäre Angelegenheiten keinen direkten Einfluss nehmen, aber über Verwaltungsregeln, die Logik politischer Systeme und öffentliche Förderprogramme (DFG-/EU-Programme) wurden indirekte Strukturen geschaffen, die Abhängigkeiten etablieren und staatlich gewünschte Zielvorstellungen fördern. Eine Diversifizierung der Finanzierungsgrundlage beispielsweise durch Unternehmen, Verbände, Stiftungen etc. ist nur sehr schwach ausgeprägt. Selbstverständlich haben auch diese Gruppen eigene Zielvorstel-

lungen, aber zu glauben, dass ein Universitätssystem frei wäre, weil es nur einer Interessengruppe dient, die dabei zum Teil erratischen Änderungen in ihrer Zielvorstellung im Vierjahreszyklus unterliegt, ist naiv. Eine Universität kann nur dann wirklich frei und unabhängig sein, wenn sie ihre Interessen selbstständig bestimmt und sich dafür selbst die notwendigen Partner suchen kann. Auch hier helfen digitale Technologien. So können Cloud-Strukturen den Austausch und die Interaktion mit potentiellen Partnern in Gesellschaft und Wirtschaft dramatisch erleichtern, neue Geschäftsmodelle und der Wissenstransfer können blühen.

4. Es wurde bereits erwähnt, dass das Ideal von der Einheit von Forschung und Lehre eine historische Konstruktion und keine ursprüngliche humboldtsche Idee ist. Fachliche Grundlagen, die heute in großen Vorlesungssälen vorgetragen werden und die in der Regel nichts mit aktueller Forschung zu tun haben, könnten über die Bildungscloud in Form von MOOCs angeboten werden. Die standardisierten Prüfungen müssen nicht mehr mühsam von wissenschaftlichen Mitarbeitern bearbeitet, sondern können durch Maschinen in Echtzeit bewertet werden. Nicht an jeder Universität müssten die gleichen Grundlagentexte gehalten werden; im Wettbewerb könnte entschieden werden, wer solche Vorlesungen am ansprechendsten und lehrreichsten für eine große Zahl von Studenten anbietet. Grundsätzlich könnten auch talentierte wissenschaftliche Mitarbeiter diese Aufgabe übernehmen. Professoren hätten so mehr Zeit, sich ihrer eigentlichen Aufgabe zu widmen: zu forschen und diese Forschung ihren Studenten und einem breiten Publikum zu vermitteln. Die humboldtsche Forderung der Einheit von Forschung und Lehre würde so sinngemäß erfüllt.
5. Universitäten müssen ein Ort von neuen Ideen sein. Das wird möglich, wenn mehr Zeit für Forschung gegeben ist und ein engerer und inspirierender Austausch zwischen den Wissenschaftlern stattfindet. Ein Bildungswesen, dem die Wissensinfrastruktur einer digitalen Bildungscloud freizugänglich zur Verfügung steht, bietet größtmögliche Transparenz auch in Bezug auf die Resultate neuester Forschung, der Austausch über Kontinente hinweg wäre unmittelbar möglich und auch die Qualität der Forschung könnte effektiv evaluiert werden.

Digitale Technologien bieten so erstmals die Möglichkeit, dem humboldtschen Bildungsideal so nahe zu kommen, wie es bisher nicht möglich war. Jetzt muss es darum gehen, wie politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen werden können, um das technisch Mögliche, auch in die Tat umzusetzen.

Quellen

- [1] W. Humboldt. *Über die innere und äussere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin*. 1809–1810. URL: <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/g-texte-30372/229/PDF/229.pdf> (besucht am 2017-03-03).
- [2] W. v. Humboldt. „Schriften zur Anthropologie und Geschichte“. In: *Werke in fünf Bänden*. Band I. Herausgegeben von A. Flitner und K. Giel. 3. Auflage. Stuttgart: J.G. Cotta'sche Buchhandlung, 1995.
- [3] W. v. Humboldt. „Schriften zur Politik und zum Bildungswesen“. In: *Werke in fünf Bänden*. Band IV. Herausgegeben von A. Flitner und K. Giel. 3. Auflage. Darmstadt, 1982.
- [4] C. Meinel und C. Willems. *openHPI. Das MOOC-Angebot des Hasso-Plattner-Instituts*. Technischer Bericht 79. 2013.
- [5] P. Pasternack. „Die Einheit von Forschung und Lehre“. In: *duz-Magazin* 2 (2008), Seite 20.
- [6] H.-E. Tenorth. „Bildung“. In: *Humboldt Spektrum* 2–3 (2009), Seiten 14–19.

3 Die HPI Schul-Cloud in der Kurzübersicht

Die am HPI am Lehrstuhl „Internet-Technologien und System“ von Prof. Dr. Christoph Meinel konzipierte und entwickelte Schul-Cloud ist eine integrierende digitale Bildungsinfrastruktur, die Schulen als eine Open-Source basierte Cloud-Infrastruktur zur Verfügung steht. Sie bietet eine zukunftsweisende digitale Lernumgebung für Schüler, für Lehrer ein vielseitiges Arbeitswerkzeug für digital unterstützten Unterricht und perspektivisch die Möglichkeit, auch Eltern am schulischen Alltag ihrer Kinder teilhaben zu lassen.

Datenschutz und Datensicherheit stehen an erster Stelle. Die HPI Schul-Cloud entspricht den hohen Datenschutzanforderungen der Bundes- und Landesdatenschutzbehörden. Ihre Server stehen in Deutschland und werden von deutschen Anbietern betrieben. Die HPI Schul-Cloud schützt somit die sensiblen Lerndaten der Kinder und Jugendlichen, ihre Privatheit und Persönlichkeitsrechte. Sie hilft damit, auch im Digitalen den Schutzraum Schule zu erhalten.

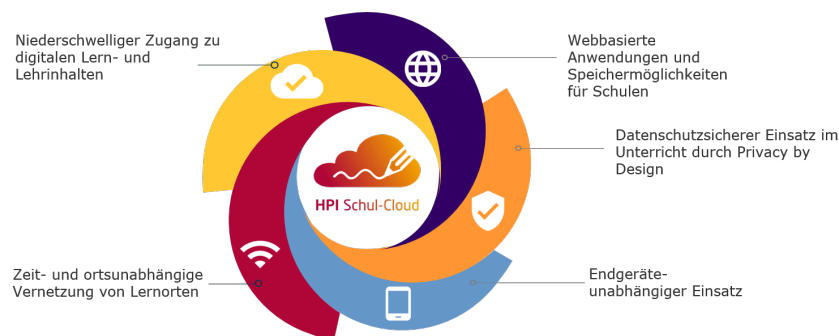


Abbildung 1: Die HPI Schul-Cloud auf einen Blick

Die HPI Schul-Cloud bietet alle Möglichkeiten, digitale Inhalte und Lernsysteme datenschutzkonform in der schulischen Bildung zu nutzen. Von Beginn an war es der Anspruch, eine stabile, sichere, inklusive und barrierefreie Softwareumgebung für den digital unterstützten Unterricht zu schaffen. Die konzeptionelle Phase zur Entwicklung der HPI Schul-Cloud begann im Jahr 2016. Bereits 2017 konnten die ersten 27 Pilotschulen aus dem nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT EC das in Entwicklung befindliche System nutzen. Das Pilotprojekt sammelte so seine ersten wichtigen Erfahrungen in der schulischen Praxis, die Nutzungserfahrungen, Anregungen und Wünsche der Schüler und Lehrer konnten unterstützt von ei-

nem gemeinsamen Design-Thinking-Prozess in die weitere Entwicklung einfließen. Anfang 2018 konnte das Projekt mit dem Land Niedersachsen den ersten Ländervertrag schließen und es entstand mit der Niedersächsischen Bildungscloud (NBC) die erste länderspezifische Zusammenarbeit. Schon im nächsten Jahr folgten die Kooperationen mit den Bundesländern Brandenburg und Thüringen. Es wurden die Schul-Cloud Brandenburg und die Thüringer Schulcloud gegründet. Im Jahr 2020 schloss sich das Zentralamt für Auslandsschulwesen dem gemeinsamen Vorhaben an. Mit der HPI Schul-Cloud International wird die Software inzwischen auf allen Kontinenten genutzt.

Dann hatte die im Jahr 2020 ausgebrochene Corona-Pandemie erhebliche Auswirkungen auf die weitere Entwicklung und Nutzung der HPI Schul-Cloud. Binnen eines halben Jahres wurden bundesweit 3.500 Schulen hinzugewonnen. Im Dezember 2020 waren bereits mehr als eine Million Schüler und Lehrer angemeldet.

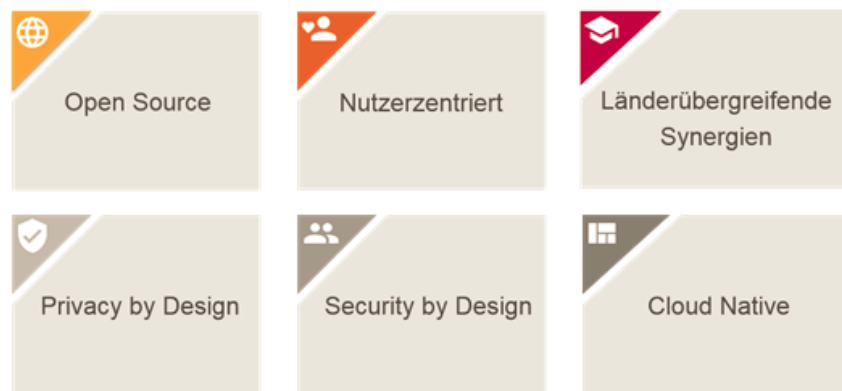


Abbildung 2: Die Alleinstellungsmerkmale/Kernaspekte der HPI Schul-Cloud

Auch technologisch wurden die Entwicklung und der Betrieb auf den neuen Bedarf angepasst, zum Beispiel wurde ein (Open-Source) Videokonferenzsystem für das Lernen von zu Hause integriert. Der Lern-Store mit seinen digitalen Lerninhalten und -programmen für den Unterricht wurde erweitert, sodass die Lehrkräfte sowohl länderspezifisch als auch bundesweit angebotene Lehrmaterialien nahtlos in ihren Unterricht aufnehmen können. Über viele weitere Neuentwicklungen können alle wichtigen Anwendungen in der digitalen Bildungswelt über Schnittstellen in die Plattform integriert werden, seien es digitales Whiteboards, Office-Systeme, Kalender, Messenger oder eine interaktive Lernanwendungen wie Bettermarks.

Nicht nur auf der technischen Seite werden höchste Ansprüche gestellt, sondern auch den didaktischen und pädagogischen Anforderungen digital unterstützten Unterrichts will die HPI Schul-Cloud gerecht werden. Es wird eine Lehr- und Lernumgebung geschaffen, die es Schülern und Lehrern ermöglicht, kollaboratives und vernetztes Lernen nach ihren individuellen Bedürfnissen sowie schulischen Anforderungen möglichst frei zu gestalten. Durch Entlastung bei der täglichen Arbeit schafft die HPI Schul-Cloud als ein digitales Werkzeug Raum für die Konzentration auf Lehr-Lernprozesse.

4 Politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Technologien verändern den Bildungsbereich.

DigitalAgentur
Brandenburg

ILB



Abbildung 1: Technologien verändern den Bildungsbereich

Digitale Entwicklungen kommen zusehends auch im schulischen Bildungsbereich an. Mit dem DigitalPakt Schule unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den flächendeckenden Auf- und Ausbau einer zeitgemäßen digitalen Bildungsinfrastruktur unter dem Primat der Pädagogik. Im zweiten Halbjahr 2020 wurden die bereitgestellten Mittel von den Schulen verstärkt abgerufen und rund 4.000 Schulen nutzen die Bildungsinfrastruktur der HPI Schul-Cloud, die nach dem Ende des Pilotprojekts im Sommer 2021 durch eine Kooperation von Niedersachsen, Brandenburg und Thüringen weitergeführt wird.

Anhand pädagogischer Einsatzkonzepte, angepasster Lehrpläne und einer zielorientierten Lehrkräftequalifizierung in Hinblick auf ihre Medienkompetenz soll Unterricht fächerübergreifend in digitale Lernumgebungen eingebettet werden (vgl. KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“), um die digitale Kompetenzentwicklung von Kindern und Jugendlichen zu stärken. Eine länderübergreifende Übersicht von Best-Practice Beispielen zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien kann Anregungen liefern und Berührungspunkte nehmen.

Auch in den Schulgesetzen wird zunehmend die Grundlage für den Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterrichtskontext geschaffen, sodass Einverständniserklärungen der Lehrkräfte, Schülern und Eltern vielerorts nicht länger aufwendig eingeholt werden müssen, sondern Zugangshürden abgebaut werden.

Geschichte des Projekts HPI Schul-Cloud

Die erste Vision einer Bildungscloud für Deutschland entstand im Rahmen der Arbeitsgruppe „Digitale Bildungsplattformen: Innovationen im Bildungsbereich“ der Plattform „Digitalisierung in Bildung und Wissenschaft“ des Nationalen IT-Gipfel-Prozesses. In Saarbrücken wurde 2016 die erste Anmutung der HPI Schul-Cloud der Fachöffentlichkeit sowie ausgewählten Schulklassen vorgestellt.



Abbildung 2: Pressekonferenz auf dem Nationalen IT-Gipfel 2016

Bereits 2017 starteten die ersten 27 Pilotschulen aus dem nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT EC. So konnten frühzeitig wichtige Erfahrungen in der Praxis mit den Schulen gesammelt werden. Die HPI Schul-Cloud wurde beim Girls' Day im Kanzleramt einem weiteren medienwirksamen Anwendungstest unterzogen und als preisgekrönter Ort im Land der Ideen ausgezeichnet. Auf der Bildungsmesse didacta 2018 verkündete das Projekt mit dem Land Niedersachsen die erste länderspezifische Zusammenarbeit an der Niedersächsischen Bildungscloud (NBC). Zudem konnte die HPI Schul-Cloud im Rahmen einer Kabinettsklausur der Bundesregierung vorgestellt werden.

Im folgenden Jahr wurden durch Kooperationen mit den Ländern Brandenburg und Thüringen die Schul-Cloud Brandenburg und die Thüringer Schulcloud gegründet. Aufgrund von flächendeckenden Schulschließungen zur Eindämmung der Corona-Pandemie wurde die HPI Schul-Cloud im Jahr 2020 sehr schnell auf alle interessierten Schulen aller Bundesländer ausgeweitet. Über eine weitere Kooperation mit dem Zentralamt für das Auslandsschulwesen wird die HPI Schul-Cloud International seitdem auf allen Kontinenten genutzt.



Abbildung 3: Vorstellung der HPI Schul-Cloud vor dem Bundeskabinett 2018

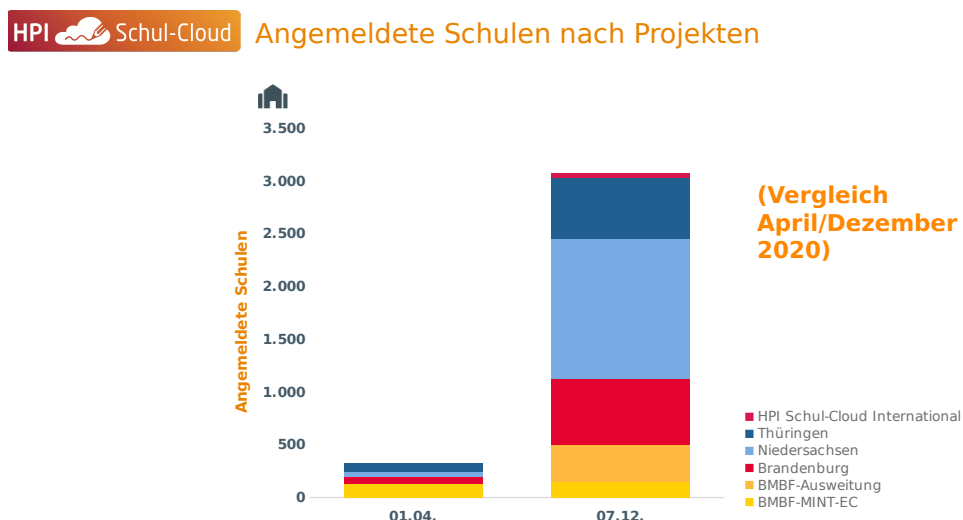


Abbildung 4: Teilnehmende Schulen 2020

Dem Anspruch einer zeitgemäßen, sicheren und barrierearmen Software sind wir über viele Neuentwicklungen und die Integration interaktiver Lernanwendungen wie Bettermarks schon sehr nah gekommen und verfolgen ihn stetig weiter: Die innovative Lerninfrastruktur für Schüler und Lehrer wird kontinuierlich nutzerzentriert weiterentwickelt und soll in Zukunft noch intuitiver zu bedienen sein. Die Lehr- und Lernumgebung ermöglicht es Schülern und Lehrern, kollaboratives und vernetztes Lernen nach ihren individuellen Bedürfnissen sowie schulischen Anforderungen möglichst frei zu gestalten. Durch Entlastung bei der täglichen

Arbeit schafft die HPI Schul-Cloud mehr Raum für die Konzentration auf Lehr-Lernprozesse.

Corona-bedingter Wandel der Anforderungen an die HPI Schul-Cloud

Mit Ausbreitung des COVID-19-Virus wurde das Schulwesen vor signifikante Herausforderungen gestellt. Zahlreiche Schulen waren informationstechnisch, administrativ und finanziell nicht ausreichend auf den Krisenzustand vorbereitet. Aufgrund von Schulschließungen stieg kurzfristig der Bedarf an der HPI Schul-Cloud als sichere digitale Arbeits- und Lernumgebung durch zusätzliche Schulen deutschlandweit sprunghaft an. Zur schnellen Unterstützung der Schulen in der Corona-Krise öffnete das Hasso-Plattner-Institut (HPI) die durch das BMBF geförderte HPI Schul-Cloud in dieser Notsituation für weitere Schulen. Mit Wikimedia Deutschland e.V. und edu-sharing.net e.V. wurden Ressourcen gebündelt, um möglichst viele freie pädagogisch-didaktische Lerninhalte in den Lern-Store der HPI Schul-Cloud einzubinden.

Als digitale Arbeits- und Lernumgebung muss die HPI Schul-Cloud einen wichtigen Unterstützungsbeitrag für Schulen, Lehrkräfte sowie Schülern leisten. Lehrkräfte benötigen Teams und Schüler/innen möchten Lerngruppen bilden, um Inhalte gemeinsam zu erarbeiten. Insbesondere auch für Grundschulen muss die HPI Schul-Cloud von jedem Endgerät und Ort aus leicht bedienbar sein. (Personenbezogene) Daten und Materialien sind auch in einer Krisensituation unbedingt vor unberechtigten Zugriffen zu schützen.

In Zeiten, in denen Unterricht nicht wie gewohnt in der Schule stattfinden konnte, war das Bedürfnis, die eigenen Mitschüler und Lehrkräfte zu sehen besonders groß. Auf Basis der HPI Schul-Cloud musste eine technische und mediale Infrastruktur für den Fernunterricht aufgebaut werden. Anhand von kommunikativen und organisatorischen Werkzeugen sollten die normale Klassenraumsituation möglichst gut digital abbildet und der Unterricht in der Corona-Krise sofort und ohne jede weitere Installation unterstützt werden. Eine große Anzahl an Lehrkräften zeigt sich in dieser Notsituation besonders motiviert und kreativ.

Die HPI Schul-Cloud wurde von Beginn an technisch skalierbar und interoperabel konzipiert. Dies geht mit dem Wunsch der Schulen und Lehrpersonen nach einer zentralen, sicheren und datenschutzkonformen Infrastruktur, die ihnen als Standard zur Verfügung steht und schulübergreifende Zusammenarbeit ermöglicht, einher. Die in Präsenzzeiten an interessierte Schulen gestellten Anforderungen bezüglich Internetanbindung und technischer Ausstattung entfielen zunächst weitgehend.

5 Produktmanagement

Anforderungen und Initiativen

Das HPI Schul-Cloud-Projekt sowie die flankierenden Länderderivate müssen ein Gefüge komplexer Anforderungen erfüllen. Es gilt, eine gute Balance zwischen zentralen Anforderungen für alle Nutzer und länderspezifischen Entwicklungen zu finden.

Dazu wurde ein instanzübergreifender Ansatz für das Anforderungsmanagement gewählt. Dies bedeutet, dass Anforderungen, Wünsche oder Hinweise zu Fehlern über verschiedenste Kanäle an das Team herangetragen werden. Die Endnutzer haben beispielsweise die Möglichkeit, ein Kontaktformular innerhalb der Anwendung bei Problemen oder Fragen zu nutzen, um direkt mit dem Team in den Austausch zu gelangen. Zudem führen wir gezielt sowohl qualitative als auch quantitative Befragungen durch (siehe dazu: Kapitel 9 – Methodik). Auch Verantwortliche in Ministerien tragen regelmäßig Anforderungen an das Entwicklungsteam heran. Auf diese Weise wurde eine Gesamtzahl von über 4.000 Anforderungen für die Weiterentwicklung gesammelt.

Die Anforderungen unterscheiden sich stark in ihrer Größe – von einer zusätzlichen Verlinkung, über den Wunsch zur Einbindung weiterer Tools bis hin zur Verbesserung der Barrierearmut in der gesamten Anwendung ist alles dabei. Damit hier auf der einen Seite nichts verloren geht und auf der anderen Seite Anforderungen mit dem größten Nutzenpotenzial zuerst bearbeitet werden, wird jede eingehende Anforderung überprüft, mit Schlagworten versehen und bewertet. Dieser Prozess mündet in so genannten Initiativen. Initiativen sind Pakete gebündelter Anforderungen, die sich unter einem Thema oder einem Funktionsbereich subsumieren lassen und die eine konkrete User-Story und somit einen konkreten Mehrwert beschreiben.

Rollen im Produktmanagement

Um die oben genannten Aufgaben innerhalb des Anforderungsmanagements zu bewältigen und den Fortschritt der Umsetzung bis zur finalen Live-Schaltung in der Anwendung zu managen, bedarf es verschiedener Rollen und Aufgaben:

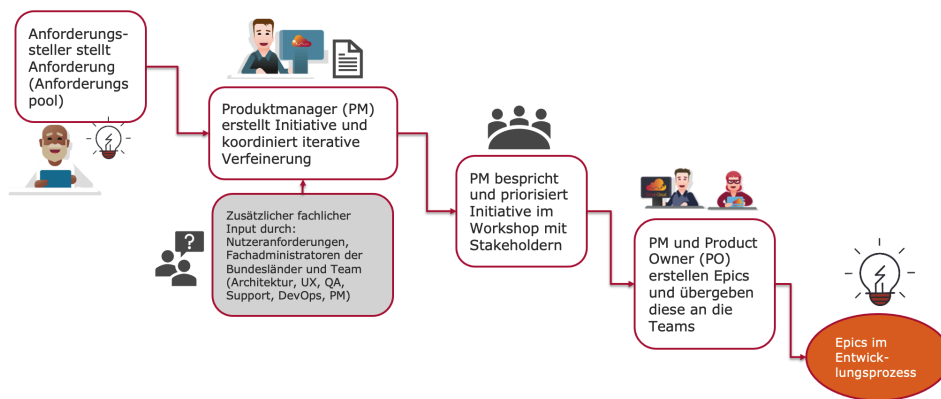


Abbildung 1: Anforderungsmanagement der HPI Schul-Cloud

Rolle	Aufgaben
Produktmanager:in	Gesamtverantwortung für den Prozess Schnittstellenfunktion zum fachadministrativen Rat Entwicklung der Produktvision und Strategie Sichtung von Anforderungen sowie Klärung von Rückfragen Koordination der Verfeinerung von Initiativen
Feature-Konzeption	Konzeption der Facharchitektur sowie übergeordneter Funktionsbereiche Erstellung von Mock-Ups in Zusammenarbeit mit Designer:innen Kosten-Nutzen-Schätzung
UX-Researcher:in	Validierung des aversierten Nutzungspotenzials direkte/indirekte Befragung von Endnutzer:innen A/B-Testung verschiedener Konzeptionierungen
Produkt-Owner:in	Backlog-Priorisierung auf der Ebene von User-Stories und dezidierten Entwicklungsaufgaben Refinement von Epics und User Stories mit den Entwicklungsteams auf Basis der fachlichen Anforderungen Priorisierung des Tagesgeschäfts (Fehlerbehebungen + ungeplante und dringende Arbeiten)

Fachadministrativer Rat

Das HPI Schul-Cloud-Projekt agiert innerhalb eines komplexen Verbunds diverser Stakeholder. Dazu gehört u.a. das HPI als wissenschaftliche Institution, das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Zentralstelle für das Auslandsschulwesen, die Bildungsministerien in den Bundesländern sowie die nachgeordneten Behörden wie beispielsweise Lehrkräftefortbildungsinstitute. Damit eine agile und flexible Projektsteuerung der Weiterentwicklung dennoch gegeben ist, wurde der sogenannte fachadministrative Rat eingesetzt. Hier werden aussichtsreiche Initiativen vorbesprochen und für eine Priorisierung durch die Auftraggeber vorbereitet. Der fachadministrative Rat ist insgesamt somit ein bundeslandübergreifendes Gremium, welches die Synergien einer gemeinsamen IT-Infrastruktur für Schulen nutzt und bestmöglich steigern soll.

Prozess der Priorisierung

Dass verschiedene Stakeholder-Gruppen – angefangen von den Endnutzern, Datenschützern bis hin zu den Betreibern – verschiedenste Ansichten und Standpunkte in Bezug auf die Weiterentwicklung haben, ist bei einem solch komplexen Projekt mit begrenzten Ressourcen nur natürlich. Um fundierte Entscheidungen und Kosten-Nutzen Bewertungen vornehmen zu können, wird jede Initiative zunächst unter der Maßgabe folgender Kriterien bewertet und mit konkurrierenden Initiativen verglichen:

Kriterium	Beschreibung
Leistungsverhalten, Verfügbarkeit und Stabilität der Anwendung	z.B. Up- und Downloadgeschwindigkeiten von Dokumenten werden durch diese technische Optimierung um bis zu geschätzt 25% gesteigert.
Gesetzliche, vertragliche oder Sicherheitsanforderungen	z.B. Diese Umsetzung der Datenschutzrichtlinie ist gesetzlich vorgeschrieben.
Nutzen für End-User	z.B. Der Vokabeltrainer ermöglicht den Schüler:innen ein schnelleres Lernen.
Auswirkungen auf das Produkt oder das Projekt	Produktebene: z.B. Erhöhung der Attraktivität des Produktes, Projektebene: z.B. Wissensaufbau im Team für zukünftige Themen.
Größe und Bedeutsamkeit des Interessentenkreises	z.B. Die Onlinehilfe ist für alle Bundesländer relevant.

Um eine übergeordnete Produktstrategie zu verfolgen, wurde ein Prozess zur Priorisierung entworfen. Unter Moderation des Produktmanagers wird zunächst eine Shortlist von X Initiativen erstellt. Im Anschluss bekommen alle entscheidungsbefugten Stakeholder zwölfmal so viele Gewichtungspunkte wie Initiativen vorhanden sind. In einer geheimen Abstimmung kann dieses Kontingent an Punkten beliebig auf die Initiativen der Shortlist verteilt werden. Bei einem paritätischen Stimmverhältnis werden nun alle Gewichtungspunkte aufaddiert, sodass eine einzige priorisierte Reihenfolge an Initiativen entsteht. Kommt es zu einem Unentschieden zwischen zwei oder mehreren Initiativen, so muss ein Konsens gefunden werden. Nur so kann bei Übergabe der priorisierten Initiativen an das Entwicklungsteam der Product-Owner im Zweifel User-Stories und Entwicklungsaufgaben gegeneinander abwägen und auf der Ebene des Backlogs priorisieren.

6 Funktionale Bestandteile

Bei der HPI Schul-Cloud handelt es sich um eine browserbasierte Web-Anwendung. Der Funktionsumfang der HPI Schul-Cloud kann gemäß der intendierten Businesslogik in vier grobe Bereiche eingeteilt werden, die im Folgenden näher betrachtet werden.

Verwaltung und Administration

Derzeit sind auf den verschiedenen Instanzen der HPI Schul-Cloud 1,4 Millionen Nutzer registriert. Diese können über verschiedene Wege in die HPI Schul-Cloud gelangen. Dabei ist in Hinblick auf die Identitätsmanagementsysteme (IDM) eine diverse Struktur gewachsen. Zum einen hat die HPI Schul-Cloud selbst ein eigenes IDM und zum anderen stellen zentrale Systeme in den Bundesländern Identitäten bereit. Diese können beispielsweise über das openLDAP-Protokoll in die HPI Schul-Cloud synchronisiert oder über eine CSV-Schnittstelle importiert werden. In der HPI Schul-Cloud wird dann jeder Nutzer mit bestimmten Rollen und Rechten ausgestattet, je nachdem ob es sich beispielsweise um Schüler, Lehrkräfte oder verantwortliche technische Ansprechpersonen handelt.

Nach dem ersten Login über die Startseite durchlaufen alle Nutzer einen Registrierungsprozess. Hierbei wird eine Einverständniserklärung eingeholt und die Zustimmung zur Nutzerordnung eingefordert. In Abhängigkeit vom Alter und den jeweiligen gesetzlichen Vorgaben in den Bundesländern wird möglicherweise zusätzlich eine Bestätigung von Erziehungsberechtigten eingeholt. Dies ermöglicht insbesondere, dass Lehrkräfte für die Nutzung der unterschiedlichen über die HPI Schul-Cloud bereitgestellten Tools keine gesonderten Einverständniserklärungen einholen müssen und erfolgt über die Zusendung einer PIN per Email.

Im Verwaltungsbereich können die Stammdaten der Nutzerkonten (zum Beispiel Vorname, Nachname, Emailadresse, Passwort) geändert werden. Neben den Nutzern selbst haben zudem noch die Administratoren die Möglichkeit beispielsweise bei vergessenen Passwörtern zu unterstützen und erneut eine Email mit einem Änderungslink zu senden.

Da Nutzer im Bereich Schule innerhalb von Lerngruppen agieren können, gehören alle Nutzer verschiedenen Gruppen an. Hierbei kann es sich um eine Klasse (zum Beispiel Klasse 8a), einen Kurs (beispielsweise Mathematik 9b) oder eine Arbeitsgemeinschaft (wie etwa Bienen-AG) handeln. Im Falle von Lehrkräften sind möglicherweise zudem Zugehörigkeiten zu Fächern (beispielshalber Fachschaft Deutsch) oder Jahrgängen (wie zum Beispiel alle Lehrkräfte der Mittelstufe) von Relevanz. Auf diese Weise können vielfältige Kontexte erzeugt werden, in denen Lehr-Lern-Settings stattfinden.

6 Funktionale Bestandteile

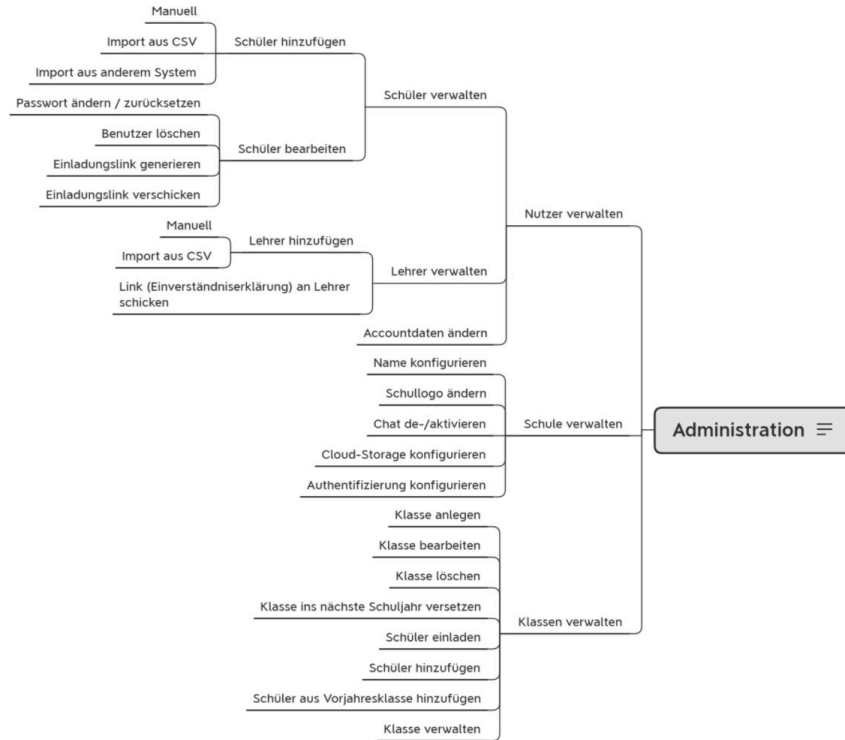


Abbildung 1: Administration innerhalb der HPI Schul-Cloud

Administration > Schüler:innen verwalten

Schüler:innen verwalten

Schüler:innen durchsuchen nach

Filter hinzufügen

<input type="checkbox"/>	Vorname	Nachname	Geburtsdatum	E-Mail	Klasse(n)	Registrierung
<input type="checkbox"/>	Anna	Apfelbaum	11.01.2003	apfel@mail.de	9b, Frosch	✓
<input type="checkbox"/>	Berta	Banane	19.02.2005	banane@mail.de	9b	✓
<input type="checkbox"/>	Christine	Klein	05.05.1987	christine.asjoma@...	1a	✓
<input type="checkbox"/>	Erna	Erdbeere	26.04.2004	erdbeere@mail.de	10a, Frosch	✓
<input type="checkbox"/>	Hanno	Hase	16.06.2004	hanno.hase@post.de	10a	✓
<input type="checkbox"/>	Karin	Kiwi	02.04.2004	kiwi@mail.de	10a	✓
<input type="checkbox"/>	Markus	Musterschüler	17.07.2004	tutorial-sus@mail.de	10a	✓
<input type="checkbox"/>	Maxy	Musterkind	04.08.2003	musterkind@mail...	4A	✗
<input type="checkbox"/>	Stern	Nadjimi	05.05.2005	s.nadjimi@brief.de	9b	✓

Abbildung 2: Verwaltung der Schüler:innen innerhalb der HPI Schul-Cloud

Da Nutzer im Bereich Schule innerhalb von Lerngruppen agieren, gehören alle Nutzer verschiedensten Gruppen an. Hierbei kann es sich um eine Klasse (zum Beispiel Klasse 8a), einen Kurs (beispielsweise Mathematik 9b) oder eine Arbeitsgemeinschaft (wie etwa Bienen-AG) handeln. Im Falle von Lehrkräften sind möglicherweise zudem Zugehörigkeiten zu Fächern (beispielshalber Fachschaft Deutsch) oder Jahrgängen (wie zum Beispiel alle Lehrkräfte der Mittelstufe) von Relevanz. Auf diese Weise können vielfältige Kontexte erzeugt werden, in denen Lehr-Lern-Settings stattfinden.

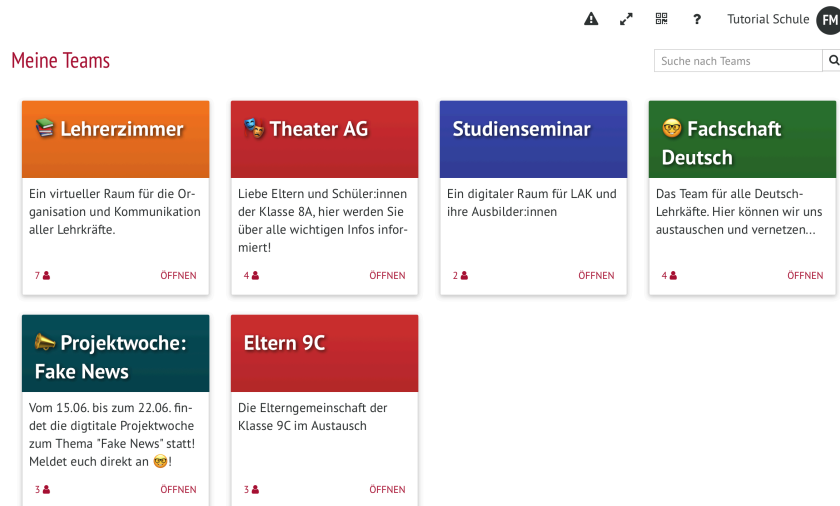


Abbildung 3: Teams innerhalb der HPI Schul-Cloud

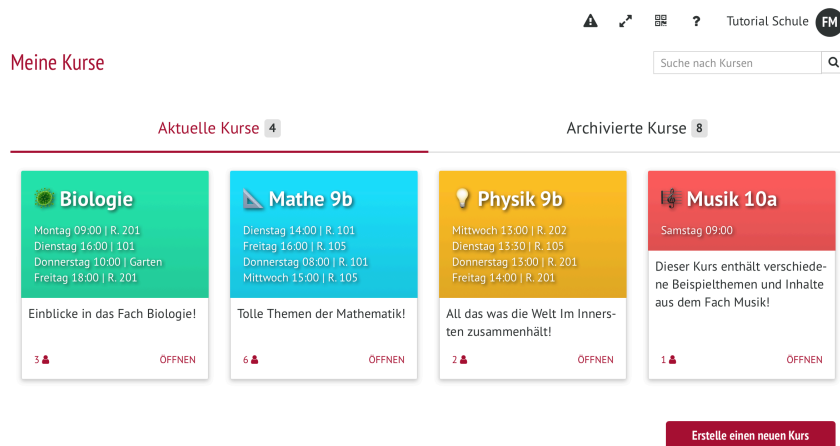


Abbildung 4: Kurse innerhalb der HPI Schul-Cloud

Lernmanagement und Unterrichtsdurchführung

In diesem Bereich der HPI Schul-Cloud findet das gesamte Geschehen rund um das Thema Lernen statt. Die im Folgenden beschriebenen Funktionen können als ein virtuelles Klassenzimmer verstanden werden. Die HPI Schul-Cloud ist nicht zuletzt aufgrund der Corona-Pandemie auf vollständigen Distanzunterricht sowie auf ein hybrides Lernsetting ausgerichtet. Dies bedeutet, dass im Unterricht teilweise analog und teilweise digital gearbeitet wird und die Vorteile aus beiden Welten für einen optimalen Lernerfolg ausgeschöpft werden können. Zudem ist es möglich, Schüler von anderen Schulen oder beispielsweise bei einer Erkrankung zuzuschalten.

Der Kernbereich der Unterrichtsvorbereitung, -durchführung und -nachbereitung findet in den Bereichen *Kurse und Teams* statt. Bei Kursen handelt es sich um feste Gruppen, während der Bereich Teams flexiblere Zusammensetzungen nach Bedarf erlaubt. Besonders hervorzuheben ist hier auch die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit Eltern, externen Experten sowie die *schulübergreifende Zusammenarbeit*.

Neben der Erstellung und Bearbeitung von Kursen, können diese auch dupliziert, geteilt und importiert werden. Dies spart wichtige Ressourcen und gibt Lehrkräften mehr Zeit für individuellen Eins-zu-eins-Kontakt. Auch wird so eine Wiederverwendung im nächsten Schuljahr möglich oder das Teilen mit einer Vertretungslehrkraft.

Innerhalb eines Kurses können Inhalte in sogenannten *Themen* zusammengestellt werden. Sie können hierarchisch angeordnet und umsortiert werden. Innerhalb der Themen steht ein *Editor* zur textuellen und grafischen Gestaltung bereit.

Elementarer Bestandteil von Lernarrangements ist das Erledigen von *Aufgaben* zur Vertiefung, Anwendung und Einübung des Erlernten. Im Aufgabenbereich der HPI Schul-Cloud können Lehrkräfte Arbeitsaufträge verfassen, Abgabefristen einstellen und die Sichtbarkeit von Aufgaben einschränken. Zudem ist eine Unterscheidung von Einzel- oder Gruppenarbeiten möglich. So können Aufgaben vorbereitet und asynchron bearbeitet werden. Auch Projekte über ein ganzes Schuljahr sind möglich. Digitalität bietet hier auch die Chance, Aufgaben zu kopieren und wiederzuverwenden sowie mit anderen Lehrkräften zu teilen. Besonders hervorzuheben ist im Bereich Aufgaben auch die Bewertungs- und Feedbackfunktion, um individuelle Rückmeldungen zu den Abgaben der Schüler zu ermöglichen.

Im Bereich des Lernmanagements sind verschiedene Funktionen vorhanden, die dabei helfen können, das Lernen an der Schule zu organisieren. Auf Basis festgelegter Terminserien in Klassen und Kursen wird ein Stundenplan erzeugt. Dieser ist direkt auf der ersten Seite nach dem Login sichtbar.

Aktuelle Aufgaben

Filtern nach Kursen

Ohne Abgabefrist

Mit Abgabefrist 7 ^

Abgelaufene Aufgaben

	Mathe 9b – Abgabe 15.10.20 Bernoullis Prinzip im Einsatz	Abgegeben	Bewertet
		1/6	1
	Musik 10a – Abgabe 29.07.21 Jazz Stile erkennen	Abgegeben	Bewertet
		0/1	0
	Biologie – Abgabe 11.09.20 Kurzpräsentation Ökologie	Abgegeben	Bewertet
		1/3	1

Offene Aufgaben

	Musik 10a – Abgabe 30.07.21 Vivaldi hatte rote Haare!	Abgegeben	Bewertet
		0/1	0
	Physik 9b – Abgabe 31.07.21 Sammlung: Regenbogen	Abgegeben	Bewertet
		0/2	0

Abbildung 5: Aufgaben innerhalb der HPI Schul-Cloud

barcamp-test ✓✓✓ - Anatomie des Knies eines Vogels? *123*

15.04.2019 11:57:06 - 15.04.2020 11:57

[Zu den Kursdaten](#) [Zur Kurs](#) [Zum Thema](#)

Details **Abgaben**

Team	Abgegeben (1/4)	Kommentar/Bewertung (0,00%)
Shirin Schüler	✓	

Abgabe **Kommentar/Bewertung**

[Drucken](#)

hallo text

Extremstellen

Sie haben gelernt: **Notwendig** dafür, dass eine **Extremstelle** vorliegt ist, dass dort der Graph waagrecht verläuft, also die Ableitung der Funktion den Wert Null annimmt, $f'(x_2) = 0$.

Das reicht aber nicht aus, wie man leicht an den Funktionen $f_1(x) = 4$ oder $f_2(x) = x^3$ an der Stelle $x=0$ sehen kann. Beide haben dort die Ableitung 0, im Falle $f_1(x)$, weil sie nirgends steigt oder fällt, und im Falle $f_2(x)$, weil sie dort einen Sattelpunkt hat. Deshalb wird ein **hinreichendes Kriterium** benötigt, um diese Fälle zu unterscheiden.

Die erste – im Kurs bereits besprochene – Möglichkeit ist, 'etwas links' und 'etwas rechts' von der vermuteten **Extremstelle** das Vorzeichen zu bestimmen. Im Falle eines Vorzeichenwechsels der ersten Ableitung von + nach – liegt ein Hochpunkt vor, wechselt es von – nach +, ein Tiefpunkt.

Im Beispiel $f_1(x) = 4 \implies f_1'(x) = 0$ ergibt sich kein Vorzeichenwechsel, da die Ableitung überall Null ist. Die Funktion ist eine $f(x) = 4 \implies f'(x) = 0$

hinreichendes Kriterium für die Existenz eines Hoch- oder Tiefpunktes liefern. Wie die Aufgabe S. 48 ff 4 zeigt, ist die zweite Ableitung im Falle eines Hochpunktes stets negativ (4/6 Punkt C, bitte überprüfen), im Falle eines Tiefpunktes stets positiv (4/6 Punkt D). Bei einem Sattelpunkt dagegen ist die zweite Ableitung Null, wechselt aber das Vorzeichen (4/6 Punkt E, bitte ebenfalls überprüfen).

Equation preview
 $f_1(x) = 4 \implies f_1'(x) = 222$ ✓ ✗

Power equation is not tested. Display mode

Bisher keine Abgabe von:
 Anna Zota, Stefan Schüler, Zahrao Anzlog

[Unbeantwortete Hausaufgaben](#)

HPI Schul-Cloud © 2021 HPI Schul-Cloud
 Impressum - Nutzungsordnung HPI Schul-Cloud - Datenschutzerklärung HPI Schul-Cloud - Kontakt - Team - Über das Projekt - Mitmachen - Partner - GitHub - Status - Sicherheit
 Made with in Potsdam | Translated by

Abbildung 6: Abgaben innerhalb der HPI Schul-Cloud

6 Funktionale Bestandteile

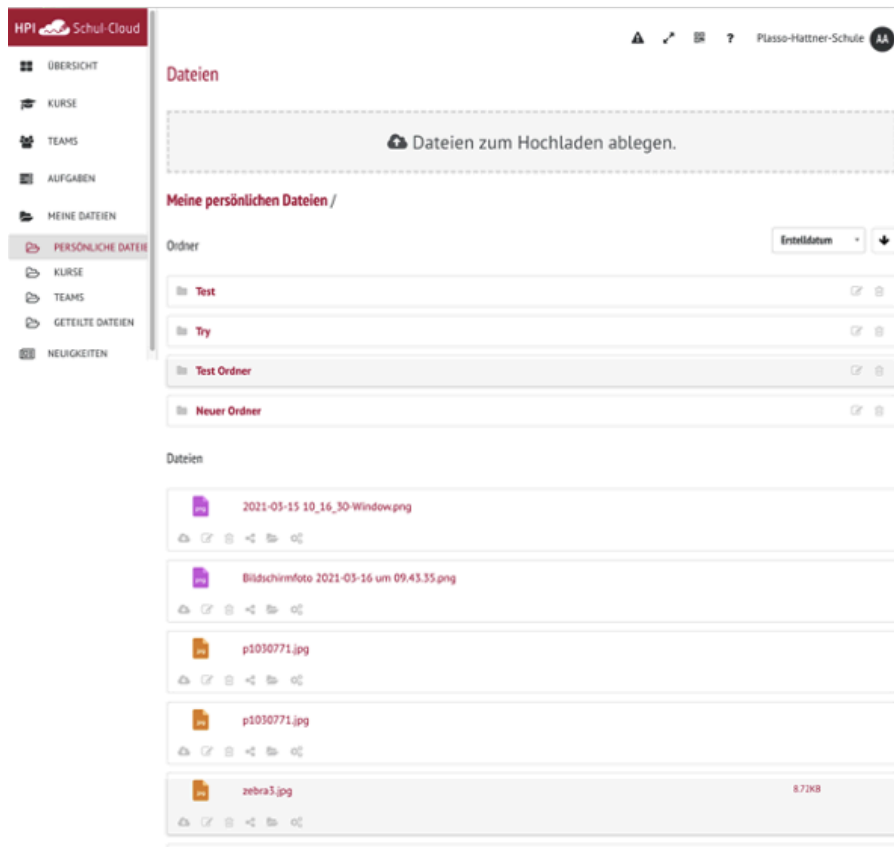


Abbildung 7: Dateiablage innerhalb der HPI Schul-Cloud

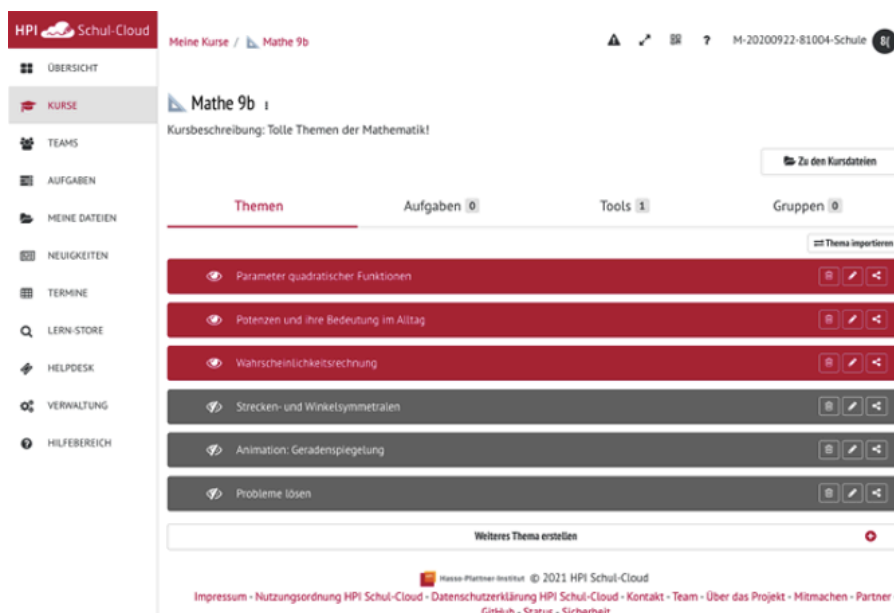


Abbildung 8: Themen innerhalb der HPI Schul-Cloud

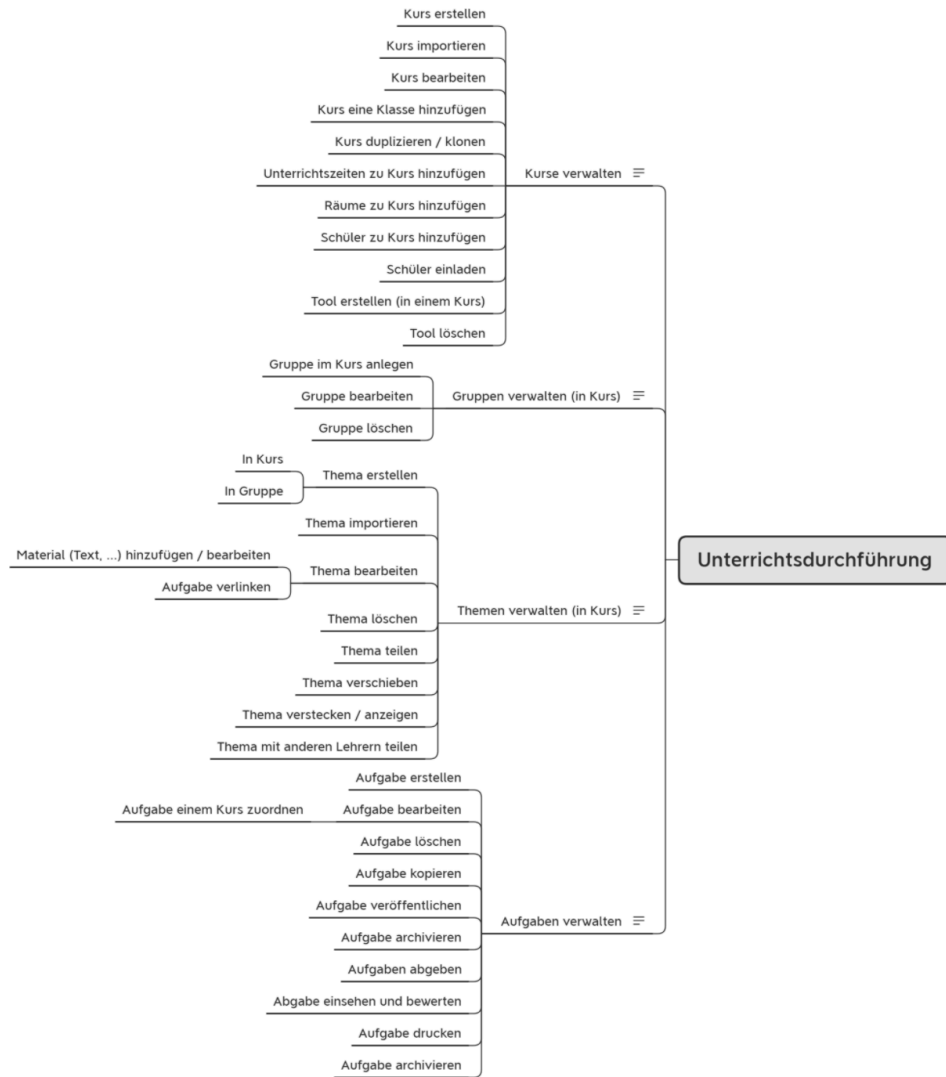


Abbildung 9: Unterrichtsdurchführung mit der HPI Schul-Cloud

Außerdem können Ankündigungen und *Neuigkeiten* verfasst werden, die innerhalb von einzelnen Kursen, Teams oder auch der gesamten Schule angezeigt werden.

Übergreifende Werkzeuge

Neben den erzeugten Kontexten durch Kurse und Teams sind übergreifende Werkzeuge von herausgehobener Bedeutung. Dabei ist eine *Dateiverwaltung* essenzieller Bestandteil eines jeden Cloud Systems, um ortsunabhängig auf Dateien zugreifen zu können. In der HPI Schul-Cloud werden diese Dateien automatisch nach Kursen und Teams sortiert. Das Ablegen von persönlichen Dateien in einer Ordnerstruktur und das Teilen von Dateien ist ebenso möglich.

Meine Dateien

Meine persönlichen Dateien
Hier findest du alle deine persönlichen Dateien. Auf diese Dateien hast nur du Zugriff, du kannst sie aber auch mit anderen Nutzer:innen teilen.
DATEIEN ÖFFNEN

Meine Kurs-Dateien
Hier findest du alle Dateien, die in den jeweiligen Kursen im Unterricht verwendet werden. Alle Teilnehmer:innen des Kurses, also die Lehrkraft und die Schüler:innen, haben auf diese Dateien Zugriff.
DATEIEN ÖFFNEN

Meine Team-Dateien
Hier findest du alle Dateien, die in den jeweiligen Teams verwendet werden. Alle Teilnehmer:innen des Teams haben auf diese Dateien Zugriff.
DATEIEN ÖFFNEN

Mit mir geteilte Dateien
Hier findest du alle mit dir geteilten Dateien. Dies sind Dateien die von anderen Nutzer:innen zur Verfügung gestellt worden sind.
DATEIEN ÖFFNEN

Neuigkeiten

Suche nach Neuigkeit...

+ News hinzufügen

Nächster Elternabend
vor 2 Tagen
Liebe Schüler:innen und Eltern, der nächste Elternabend steht vor der Tür und findet nächste Woche statt. Unterstufe: 14 Uhr, Mittelstufe: 16 Uhr, Oberstufe: 18 Uhr. Bitte gebt euren Eltern Bescheid. Zugle...

Hitzefrei?
vor einem Monat
Liebe Schüler:innen und Eltern, Sobald die Temperatur über 30 Grad geht, ist hitzefrei - yay!

Anleitung: Corona Schnelltest
Studienseminar
vor 3 Monaten
Folgende Punkte sollte man bei der Durchführung von Selbsttests beachten: Lesen Sie die vollständige Anleitung vor Testbeginn gründlich durch. Nehmen Sie sich Zeit für eine gewissenhafte Ausführung des ...

Wichtig: Elternabend
Lehrerzimmer
vor 5 Monaten
Liebe Kolleg:innen, Bitte denkt daran, dass der Elternabend nächste Woche Freitag in Raum H1.35 stattfindet. LG, Klara

Abbildung 10: Neuigkeiten und Dateistruktur innerhalb der HPI Schul-Cloud



Abbildung 11: Kommunikationstools in der HPI Schul-Cloud

Lernen und Kommunikation sind nicht voneinander zu trennen, weshalb die HPI Schul-Cloud verschiedene *Kommunikationstools* an Bord hat:

- a) *Videokonferenzsystem*: Innerhalb von Kursen und Teams können Mitglieder in Videokonferenzen zusammenkommen. Hier kann der Bildschirm geteilt werden, um Präsentationen zu zeigen oder das digitale Whiteboard für Notizen genutzt werden. Über geteilte Notizen und einen Chat können sich Nutzer: innen austauschen. Umfragen helfen, Stimmungsbilder einzuholen oder Wissen in Form eines Quiz abzufragen. Häufig wird zudem die Funktion der Breakout-Räume genutzt, die eine Binnendifferenzierung anhand von Kleingruppen ermöglichen.
- b) *Chat-Funktion*: Während der Chat in einer Videokonferenz nach der Benutzung wieder gelöscht wird, ist in der HPI Schul-Cloud auch ein persistenter Chat zum Austausch von Direktnachrichten integriert. Neben Eins-zu-eins-Chats werden automatisch die Kontexte von Klassen, Kursen und Teams übernommen und innerhalb von Gruppenchats abgebildet.

Um Zusammenarbeit zu erleichtern, verfügt die HPI Schul-Cloud über diverse *Kollaborationswerkzeuge*. Als Beispiel seien hier folgende exemplarisch vorgestellt:

- a) Mit der vollintegrierten OpenOffice Suite von LibreOffice lassen sich Dokumente, Tabellenkalkulationen und Präsentationen erstellen, bearbeiten und teilen.
- b) Das Etherpad ist ein niederschwelliges Tool zum gemeinsamen Verfassen von Texten.
- c) nexboards sind interaktive Whiteboards, auf denen Post-its, Grafiken, Mindmaps und verschiedenste Diagramme arrangiert werden können.

6 Funktionale Bestandteile

The screenshot displays the HPI Schul-Cloud interface. On the left is a navigation menu with options like 'ÜBERSICHT', 'KURSE', 'TEAMS', 'AUFGABEN', 'GESTELLTE AUFGABEN', 'ENTWÜRFE', 'ARCHIV', 'MEINE DATEIEN', 'NEUIGKEITEN', 'TERMINE', 'LEHRN-STOBE', 'VERWALTUNG', and 'HILFEBEREICH'. The main content area shows a task titled 'barcamp-test - Anatomie des Knies eines Vogels? *123*'. Below the title, there are buttons for 'Zu den Kursdaten', 'Zum Kurs', and 'Zum Thema'. The task details section shows 'Team: Shirin Schüler' and 'Abgegeben (1/4)'. A submission titled 'Abgabe' is shown with a 'Kommentar/Bewertung' section. The submission content is a document titled 'Extremstellen' with the following text:

Sie haben gelernt: **Notwendig** dafür, dass eine **Extremstelle** vorliegt, ist, dass dort der Graph waagrecht verläuft, also die Ableitung der Funktion den Wert Null annimmt, $f'(x_E) = 0$.

Das reicht aber nicht aus, wie man leicht an den Funktionen $f_0(x) = 4$ oder $f_1(x) = x^3$ an der Stelle $x=0$ sehen kann. Beide haben dort die Ableitung 0, im Falle $f_0(x)$, weil sie nirgends steigt oder fällt, und im Falle $f_1(x)$, weil sie dort einen Sattelpunkt hat. Deshalb wird ein **hinreichendes Kriterium** benötigt, um diese Fälle zu unterscheiden.

Die erste – im Kurs bereits besprochene – Möglichkeit ist, 'etwas links' und 'etwas rechts' von der vermuteten **Extremstelle** das Vorzeichen zu bestimmen. Im Falle eines Vorzeichenwechsels der ersten Ableitung von + nach – liegt ein Hochpunkt vor; wechselt es von – nach +, ein Tiefpunkt.

Im Beispiel $f_0(x) = 4 \implies f'_0(x) = 0$ ergibt sich kein **Vorzeichenwechsel**, da die Ableitung überall Null ist. Die Funktion ist eine

$f_0(x) = 4 \implies f'_0(x) = 0$	$f_1(x) = x^3 \implies f'_1(x) = 3x^2$
-----------------------------------	--

$f_1(x) = x^3 \implies f'_1(x) = 3x^2$ bleibt die Ableitung positiv für alle $x \neq 0$. D. h. Die Funktion steigt, wird waagrecht links $S(0|0)$ vor.

hinreichendes Kriterium für die Existenz eines Hoch- oder Tiefpunktes liefern. Wie die Aufgabe 5.68 # 4 zeigte, ist die zweite Ableitung im Falle eines Hochpunktes stets negativ (#4b Punkt C, bitte überprüfen), im Falle eines Tiefpunktes stets positiv (#4b Punkt E). Bei einem Sattelpunkt dagegen ist die zweite Ableitung Null, wechselt aber das Vorzeichen (#4c Punkt B, bitte ebenfalls überprüfen).

Below the document, there is a section 'Bisher keine Abgabe von:' listing 'Anna Zota, Stefan Schüler, Zahraee Analog'. At the bottom, there is a footer with 'HPI Schul-Cloud' logo, '© 2021 HPI Schul-Cloud', 'Impressum - Nutzungsordnung HPI Schul-Cloud - Datenschutzerklärung HPI Schul-Cloud - Kontakt - Team - Über das Projekt - Mitmachen - Partner - GitHub - Status - Sicherheit', and 'Made with in Potsdam | Translated by lokalise'.

Abbildung 12: Etherpad in der HPI Schul-Cloud

Sonstige Tools, wie interaktive Lern-Apps werden über eine *Pseudonymisierungsschnittstelle* angebunden. Das Besondere ist hier, dass die HPI Schul-Cloud als Infrastruktur dient und keine personenbezogenen Daten an externe Tools übergibt. Interaktive Lernsoftware, wie beispielsweise ein Vokabeltrainer oder die Mathematik-Software Bettermarks, schlagen Folgeaufgaben für Lernende auf Basis ihrer Lernerfolge vor. Dazu müssen Lernstände Nutzer-bezogen gespeichert werden, ohne dass auf die Daten von Schülern geschlossen werden kann. Dies ist ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal der HPI Schul-Cloud und ermöglicht auch zukünftig die Anbindung vielseitiger Tools und interaktiver Lernsoftware.

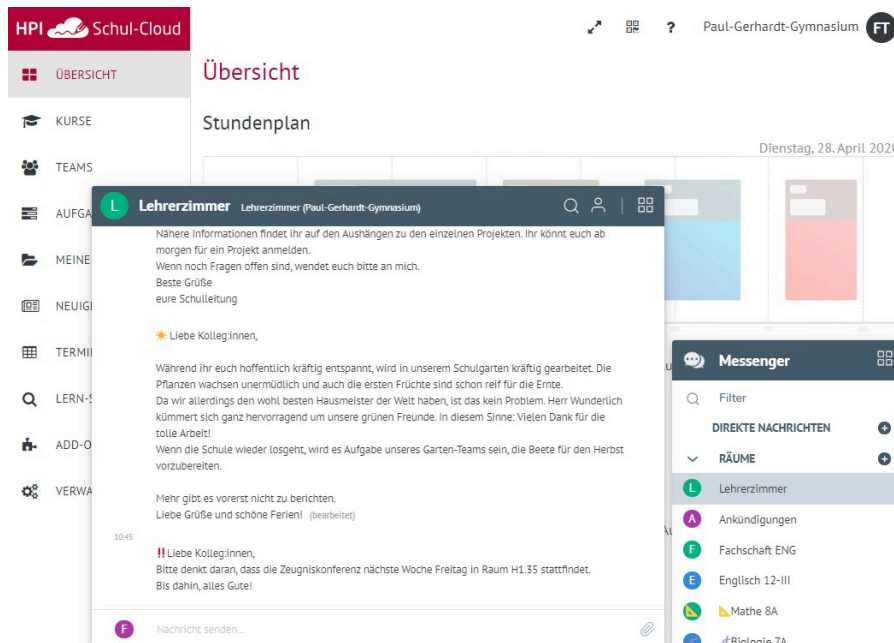


Abbildung 13: Stundenplan in der HPI Schul-Cloud

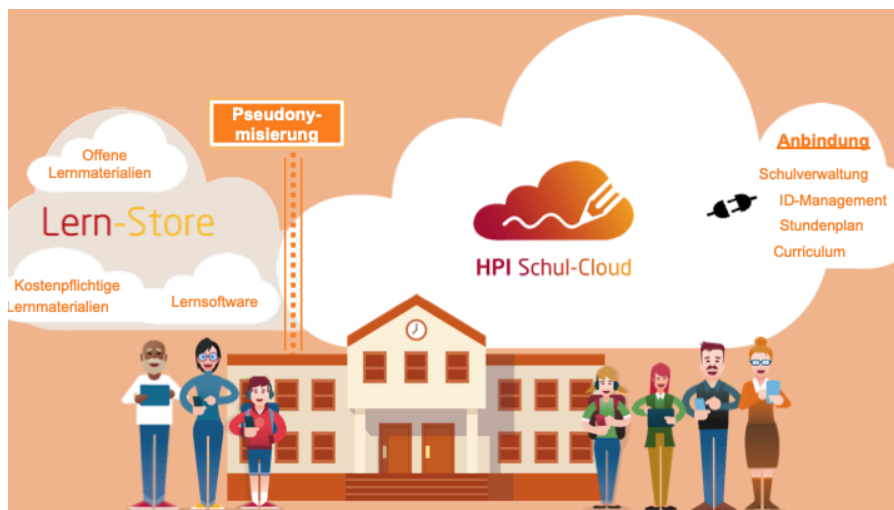


Abbildung 14: Pseudonymisierungsschnittstelle der HPI Schul-Cloud

Lerninhalte

Für das Lernen sind konkrete Inhalte ebenso wichtig wie flexible Werkzeuge. Der Funktionsbereich des sogenannten *Lern-Stores* beinhaltet sowohl freie als auch lizenzierte Lerninhalte. Für jedes Fach stehen zahlreiche Inhalte zur Verfügung, die über eine leistungsstarke Suche aufgefunden werden können. Durch einen einfachen Klick auf das Pluszeichen in der Übersicht der Suchergebnisse können diese bequem zu Themen innerhalb von Kursen hinzugefügt werden.

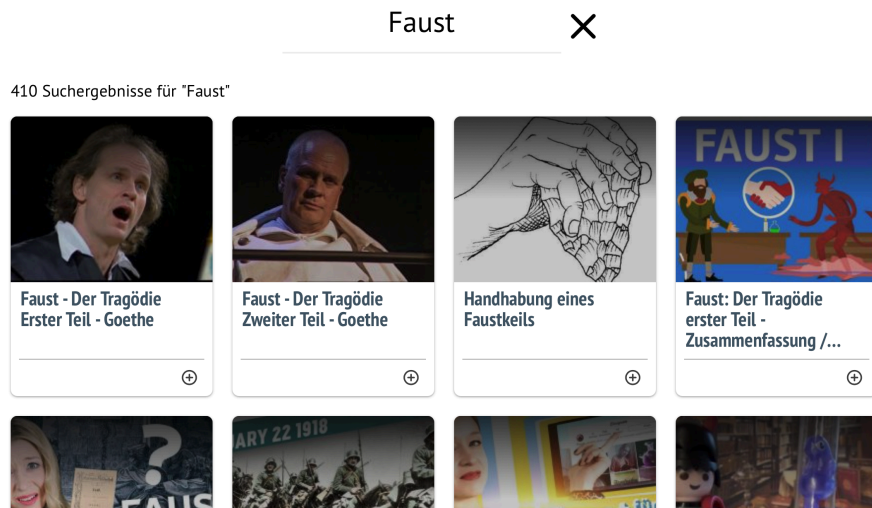


Abbildung 15: Lerninhalte in der HPI Schul-Cloud

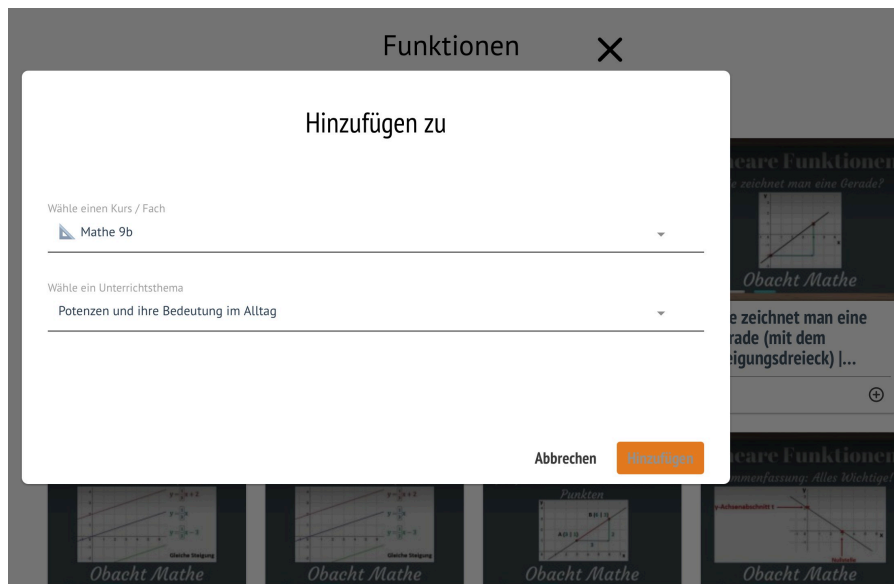


Abbildung 16: Kernsystem der HPI Schul-Cloud

Die Funktionalität im Lern-Store umfasst im Hintergrund auch die Möglichkeit kreis- oder schulspezifische Inhalte anzuzeigen, die für diese zusätzlich lizenziert wurden. Dieses Lizenzmodell ermöglicht auch eine Bundesland-spezifische Bereitstellung von Lerninhalten durch die jeweiligen Landesbibliotheken.

7 Schnittstellen und Systemarchitektur

Das Softwaresystem besteht aus unterschiedlichen Komponenten, die entweder im Modulten oder einem eigenen Microservice betrieben werden. Die Gründe für diese Aufteilung basieren auf unterschiedlichen oder besonderen Anforderungen aus den Bereichen Monitoring und Performance, einem eigenen Geschäftsbereich, die nebenläufige Ausführung von Hintergrundaufgaben oder der Verwendung von Drittanbieteranwendungen, welche entweder extern oder innerhalb der IaaS-Plattform (Infrastruktur als Dienst) betrieben werden.

Grundaufbau des Kernsystems

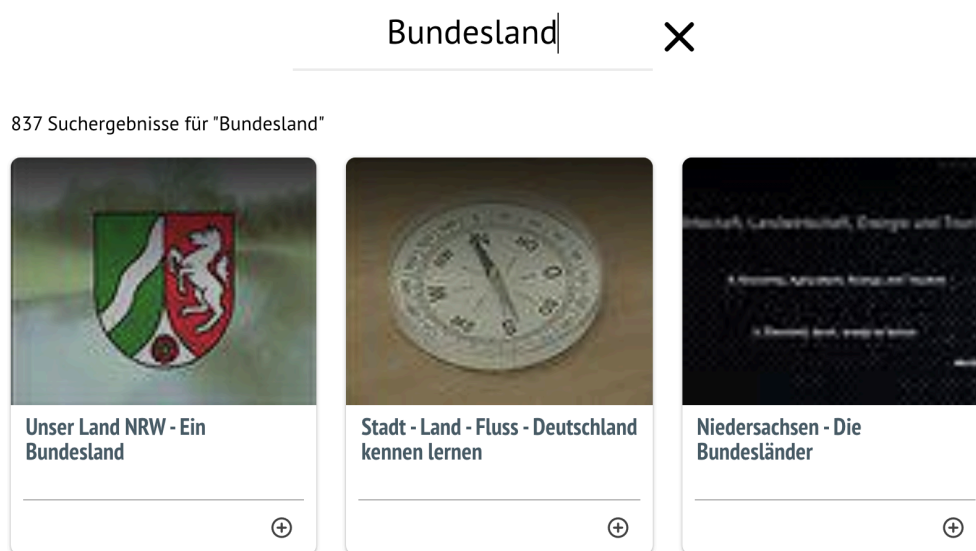


Abbildung 1: Bundeslandspezifische Lernmaterialien in der HPI Schul-Cloud

Der Kern der Anwendung besteht aus einer Browseranwendung, auf welche die Nutzer plattformunabhängig zugreifen können und die sich den verschiedenen Endgeräten wie Laptop, Tablet oder Smartphone selbstständig anpasst. Sie wird durch zwei Client-Komponenten bereitgestellt:

- Der Nuxt-Client stellt eine Single-Page Anwendung bereit, welche aus dem Browser direkt auf die API (Programmierschnittstelle) zugreift.

- Über den Legacy-Client werden einzelne Seiten serverseitig gerendert (übertragen) und an den Browser ausgeliefert.

Der API-Server stellt die öffentlich zugängliche API-Schnittstelle bereit die einerseits durch die Clients als auch intern durch weitere Services genutzt wird. Auch Drittsysteme im internen Netzwerk oder Internet kommunizieren über diese Schnittstelle, wie zum Beispiel BigBlueButton, Bettermarks oder LibreOffice.

Zur Persistierung von Nutzerdaten dient eine Dokumenten-basierte Datenbank. Hintergrundprozesse werden über einen Message-Broker von Nutzereingaben entkoppelt. Sonstige Anfragen an weitere interne oder externe Systeme erfolgen meist via REST (Representational State Transfer).

Interne Dienste

Durch die verschiedenen internen Dienste werden wichtige Funktionalitäten wie zum Beispiel das Versenden von Nachrichten erfüllt. Während für das Kernsystem eine hohe Verfügbarkeit erforderlich ist, müssen die weiteren Dienste nicht ständig in Bereitschaft sein. Hintergrunddienste werden unabhängig von Nutzereingaben ausgeführt. Beim Design der Dienste wurde ebenso bedacht, dass deren Nichtverfügbarkeit das Gesamtsystem nicht beeinflusst. Die internen Dienste unterteilen sich in selbst konzipierte interne Dienste, Open-Source-Anwendungen von Drittanbietern und externe Dienste.

Die *Datei-Dienste* können in Kursen, Teams und aus dem Aufgabenbereich heraus verwendet werden und wird durch mehrere Microservices bereitgestellt. Für einen Nutzer sind Dateien sowohl in den unterschiedlichen Bereichen zugänglich als auch über ein Interface, das die einzelnen Bereiche zusammenfasst. Zur Datenspeicherung wird ein externer Dienst verwendet, der auf dem S3-Protokoll (Simple Storage Service) basiert. Wenn ein Nutzer Daten über die HPI Schul-Cloud anderen Nutzern zur Verfügung stellt, werden diese durch dafür zuständige Microservices auf Viren überprüft und der Zugriff ggf. blockiert bevor andere Nutzer darauf zugreifen können.

Um Nutzer aus der Anwendung heraus mit wichtigen Informationen zu versorgen, können *Benachrichtigungen* per Email an einzelne Nutzer oder Gruppen versendet werden. Ein in viele Teilbereiche integrierter Dienst ist der *Kalender-Service*. Hierüber erhält der oder die Nutzer in einer Übersicht zusammengefasst Termine angezeigt, welche sich unter anderem aus Schulstunden, Terminen aus Teams oder Abgabeterminen von Aufgaben ergeben.

Das *Super-Hero Dashboard* wurde speziell für Support-Mitarbeiter und Administratoren der HPI Schul-Cloud entwickelt und stellt Funktionen zur schulübergreifenden Verwaltung bereit, welche aus Sicherheitsgründen nur über einen besonders geschützten Bereich verfügbar sind. Hierüber lassen sich statistische Informationen ermitteln sowie neue Schulen in die HPI Schul-Cloud einbinden oder bestimmte Features freischalten.

Betrieb von Drittanbieteranwendungen

Videokonferenzen mit BigBlueButton

Über das für das Online-Lernen optimierte Open-Source-System BigBlueButton, welches in Kalendertermine sowie Kurse in der HPI Schul-Cloud eingebunden ist, lassen sich Videokonferenzen durchführen. Darin können Lehrkräfte Folien-sätze anzeigen. Über einen Chat und geteilten Editor kann gemeinsam oder über Breakout-Räume in Kleingruppen zusammengearbeitet werden. Lehrer erhalten innerhalb von Videokonferenzen besondere Berechtigungen, um den Funktionsumfang für Schüler anpassen zu können.

Blog mit dem Ghost CMS

Über ein Blog-System ist es den Bundesländern möglich, aktuelle Informationen im öffentlichen Bereich des Systems anzuzeigen. Informationen können so unabhängig von Software-Release-Zyklen durch die Plattform-Administratoren aktualisiert werden.

Rocket.Chat oder Matrix Messenger

Um die Kollaboration in Kursen und Teams zu fördern, verfügen diese Bereiche über eine Chatfunktion, welche durch die Schulen aktiviert werden kann. Das System basiert entweder auf Rocket.Chat oder dem Matrix Messenger. Durch die Mitgliedschaft in einem Kurs oder Team kann der Chat verwendet werden, um Nachrichten in den vorgegebenen oder frei definierbaren Gruppen auszutauschen. Die Synchronisation der Gruppenmitgliedschaften erfolgt für den oder die Nutzer transparent. Für die Chatanwendungen sind auch mobile Applikationen der Herstellerinnen verfügbar.

Office Online mit LibreOffice

Um die Zusammenarbeit im Dateibereich zu ermöglichen, können Office-Dateien direkt in einem Browser-basierten Editor mit mehreren Nutzer gemeinsam editiert werden. Dabei wird der Zugriff auf Dateien über eine WOPI-Schnittstelle (Web Application Open Platform Interface) realisiert.

Hierdurch ist die Anbindung zu derjenigen weiterer Clients kompatibel, welche solche Dokumente editieren können. Der Dienst wird derzeit über LibreOffice Online bereitgestellt und erlaubt damit das Editieren von Textdokumenten, Tabellen und Präsentationen.

Kollaborativer Editor: Etherpad

Unterrichtsmaterialien lassen sich um kollaborative Bereiche erweitern. Hier können Nutzer gemeinsam Texte erstellen. Diese werden nahtlos in die weiteren Unterrichtsmaterialien integriert, welche in ein Unterrichtsthema eingefügt sind.

Status-Dashboard

Sollte die Verfügbarkeit der Plattform einmal eingeschränkt sein, werden die Nutzer schnell über das Dashboard informiert.

Einbindung externer Dienste

Lernmaterialien

Über das durch den Partner MetaVentis bereitgestellte Backend Edu-Sharing, welches auf dem Alfresco CMS basiert, werden Lernmaterialien zur Unterrichtsvorbereitung zur Verfügung gestellt. Das System stellt Lernmaterialien verschiedener Systeme bereit, die aus Lizenzgründen je nach Bundesland oder Landkreis und erworbenen Lizenzen voneinander abweichen können.

Die Metadaten der Inhalte werden durch Crawler aus den verschiedenen Systemen zusammengetragen und sind dann über Edu-Sharing abrufbar. Die Verlinkung erfolgt auf das Quellmedium. Seit Kurzem ist es auch möglich, ausgewählte Inhalte direkt in Edu-Sharing hochzuladen und daraufhin im Lern-Store der HPI Schul-Cloud zu finden.

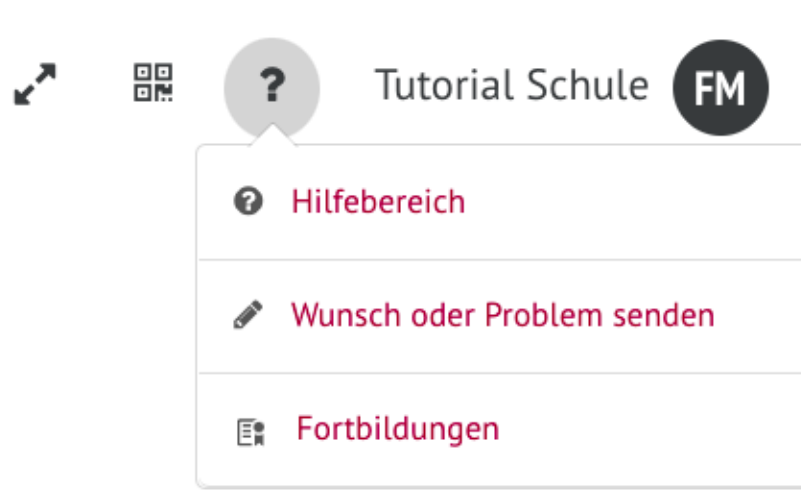


Abbildung 2: Hilfereich der HPI Schul-Cloud

Die im Lern-Store auffindbaren Lerninhalte lassen sich in Unterrichtsthemen von Kursen in der HPI Schul-Cloud hinterlegen. Lehrer können diese so ihren Schülern zur Verfügung stellen.

Derzeit enthält der Lern-Store insgesamt rund 85.000 Inhalte, die über „Wir lernen online“, dem Crawling-Dienst von Edu-Sharing, abgerufen werden. Darin enthalten sind folgende Quellen:

Darüber hinaus gibt es in Thüringen die *Mediothek* mit derzeit ungefähr 6.000 Lernobjekten und in Niedersachsen *Merlin* mit aktuell über 4.600 Lerninhalten, die allerdings Kreislizenzen erhalten und nicht in allen Landkreisen zur Verfügung stehen.

Kollaborative Whiteboards: nexboard

Wie der kollaborative Editor sich in Unterrichtsmaterialien einbinden lässt, können auch interaktive Whiteboards angelegt werden. Diese werden durch den Partner neXenio bereitgestellt. Hiermit lassen sich Texte und Karten auf einem digitalen Whiteboard verknüpfen und durch die Nutzer gemeinsam gestalten. Das Tool eignet sich besonders dafür, Inhalte auch grafisch ansprechend strukturiert aufzubereiten.

Ein adaptives Lernsystem für Mathematik: Bettermarks

Über Bettermarks können Lehrer Themen aus dem Bereich der Mathematik vermitteln. Neben reinen Lehrmaterialien können auch Hausaufgaben durch Lehrer erstellt und von Schüler bearbeitet werden. Die Anbindung von Bettermarks als ein Tool in Kursen der Cloud erfolgt über das Protokoll OAuth.

Verwaltung von Identitäten

Viele Schulen nutzen bereits eigene Systeme zur Verwaltung ihrer Nutzer sowie bestimmte Tools zur Verwaltung von Stundenplänen oder dem Erfassen von Leistungen ihrer Schüler. In diesen sind meist bereits Nutzerdaten, Rollen und Klassen vorhanden, welche sich mit der HPI Schul-Cloud synchronisieren lassen. Dadurch entsteht für die Schulen idealerweise kein Aufwand bei der Pflege von Nutzeraccounts. Ebenso können Nutzer ihre bekannten Nutzerdaten auch in der HPI Schul-Cloud wiederverwenden.

Zum Import von Nutzerdaten können verschiedene Systeme der Schulen oder Länder genutzt werden. In Verwendung sind derzeit:

- Moodle
- LDAP
- IServ
- Schulportal Thüringen

Quelle	Beschreibung	Anzahl
Geogebra	Mathematiksoftware für Schüler:innen und Lehrer:innen aller Altersstufen, die Simulationen, Unterrichtseinheiten und Spiele anbietet	30.640
Digital Learning Lab	Hamburger Kompetenzzentrum für die Unterrichtsgestaltung	383
Planet Schule	Schulfernsehen des SWR und WDR	791
Serlo	Digitale Lernplattform für alle möglichen Bildungsthemen	1.487
YouTube	Videoplattform	14.864
BR RSS	Schulfernsehen des Bayrischen Rundfunks	11.407
irights	Informationsplattform zu aktuellen Entwicklungen des Urheberrechts und des Datenschutzes in der digitalen Welt	20
Leifi Physik	Deutschsprachiges Webportal, das zahlreiche Materialien für den Physikunterricht sowie zur Vertiefung und Ergänzung von Unterrichtsinhalten für Schüler:innen anbietet	664
OAI Sodis	OER-Portal FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht	4.508
Schulcampus Rheinland-Pfalz	Bildungsserver für Rheinland-Pfalz	543
WirLernenOnline (WLO)	Linksammlung, die direkt von WLO angeboten wird	304
Zum	Nicht kommerzielle Plattform für Unterrichtsmaterialien und -ideen	2.743
ZDF RSS	ZDF-Schulfernsehen	123
Segu	Lernplattform für einen offenen Geschichtsunterricht	293
	Biologie Lernprogramme	23
	Chemie Lernprogramme	95
Quizdidaktik	Sammlung Web basierter Autorenwerkzeuge für den Unterricht	29
Bundeszentrale für politische Bildung		10.708
Tutory	Arbeitsblätter (von WLO gecrawlt)	5.511

Für alle Systeme stellt die HPI Schul-Cloud die Möglichkeit sich mit den Zugangsdaten des externen Systems über den Login zu authentifizieren und synchronisiert sowie transformiert die Nutzerdaten des externen Systems mit den internen Rollen (wie Lehrkraft oder Schüler) und Gruppenzugehörigkeiten (zum Beispiel Klassen).

Über das Schulportal Thüringen (für die Thüringer Schulcloud) sowie das zentrale IServ von Niedersachsen für die Niedersächsische Bildungscloud erfolgt eine vollständige Synchronisation ganzer Schulen.

Authentifizierung gegen Drittsysteme

Um Nutzer gegenüber externen Systemen zu authentifizieren, verfügt die HPI Schul-Cloud über mehrere Schnittstellen, welche unter anderem über die in Kursen eingebundenen Tools genutzt werden können.

Über OAuth wird zum Beispiel Bettermarks eingebunden. Durch das standardisierte Verfahren wird dem oder der Nutzer eindeutig mitgeteilt, ob und wenn ja, welche Nutzerdaten in das Zielsystem übertragen werden. Im Normalfall werden lediglich Pseudonyme übertragen, sodass dem Anbieter eines Tools lediglich die Rolle eines Nutzers bzw. einer Nutzerin im Klartext mitgeteilt wird.

Via LTI (Learning Tools Interoperability) lassen sich Ergebnisse von Aufgaben, die in einem externen System bereitgestellt werden, in die HPI Schul-Cloud zurück übertragen.

8 Onboarding, Hilfematerialien und Fortbildungen

Eine etablierte Onboarding-Strategie umfasst den direkten Kontakt zu den Schulen, die Bereitstellung wichtiger Dokumente, Tutorials und Informationen für den Einstieg – sowohl für Lehrkräfte, als auch für Schüler und Eltern. Ein umfangreicher Hilfebereich erleichtert neuen Nutzer den Einstieg in die HPI Schul-Cloud. Während hier zunächst vor allem theoretische sowie konzeptionelle wissenschaftliche Arbeiten, zentrale Dokumente, Broschüren, häufig gestellte Fragen sowie einzelne Vorlagen für die Schulen (unter anderem zu Datenschutz und -sicherheit) bereitgestellt wurden, kann heute nahtlos auf ausführliche Anleitungen, einheitliche Hilfeartikel, praktische Erfahrungen und Good Practice-Beispiele zugegriffen werden. Zudem besteht eine direkte Verbindung zum Support-Team der HPI Schul-Cloud.

Videokonferenz in einem Kurs einrichten

1

Klicken Sie in der Menü-Leiste auf **Kurse**.
Die persönliche Kursübersicht öffnet sich.
Öffnen Sie den gewünschten Kurs.



2

Klicken Sie auf den Reiter **Tools**.
Klicken Sie auf **Füge ein neues Tool hinzu**.

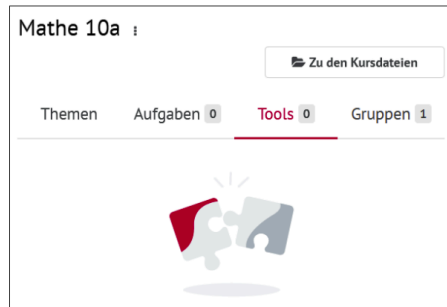


Abbildung 1: Schritt für Schritt-Anleitungen zur HPI Schul-Cloud

Hilfeartikel

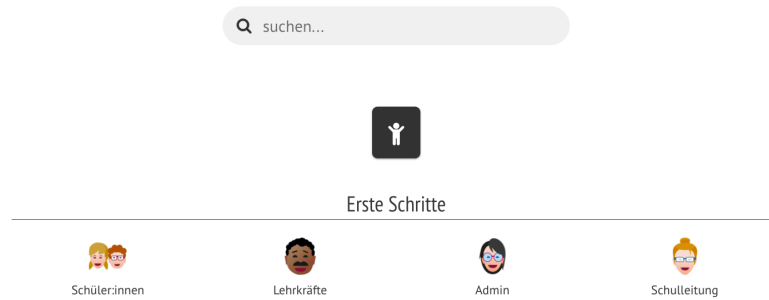


Abbildung 2: Erste Schritte für verschiedene Rollen in der HPI Schul-Cloud

Die Hilfematerialien werden durch die kostenfrei zugängliche Massive Open Online Course (MOOC)-Plattform LERNEN.cloud ergänzt. Auf dieser werden Onlinekurse als eine schnelle Starthilfe in der HPI Schul-Cloud mit Videoanleitungen aus der Praxis sowie zur Vermittlung wichtiger Kompetenzen und didaktischen Hinweisen unter Beteiligung durch Lehrkräfte und Schulleitungen bereitgestellt.

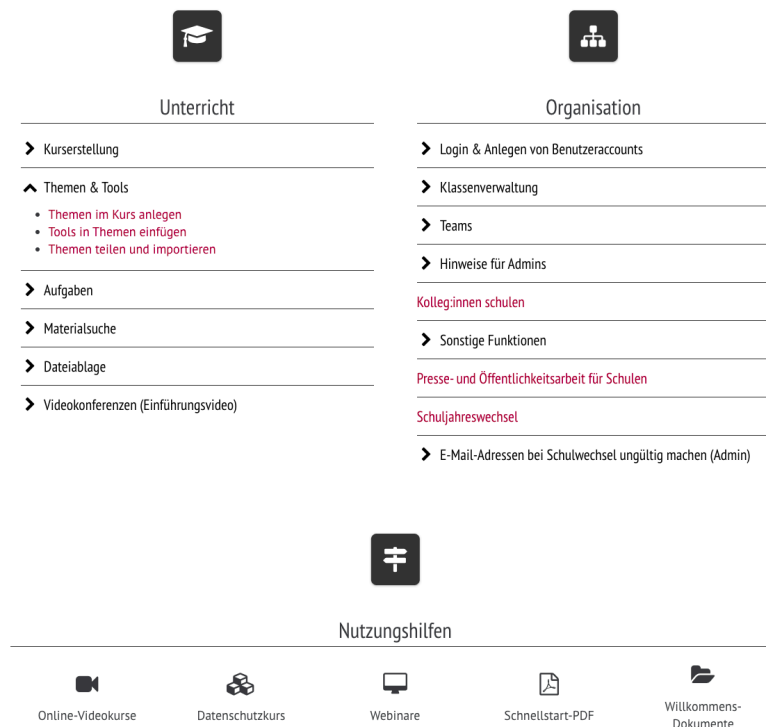


Abbildung 3: Nutzungshilfen zur HPI Schul-Cloud

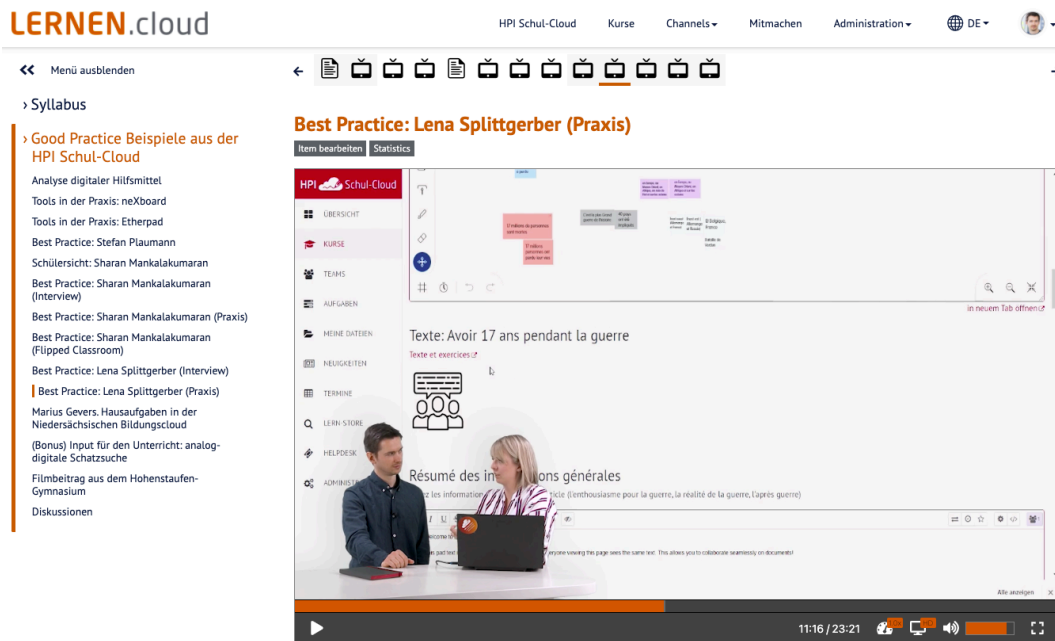


Abbildung 4: MOOC-Plattform LERNEN.cloud zur Lehrkräftefortbildung

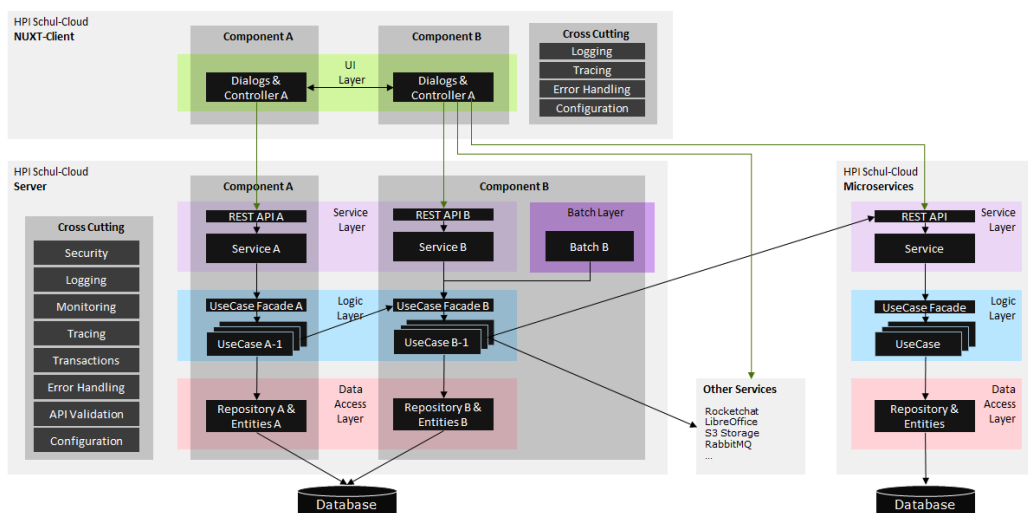


Abbildung 5: Software-Architektur der HPI Schul-Cloud

Über die (Online-)Fortbildungen hinaus besteht ein fortlaufendes Angebot begleitender Veranstaltungen für Lehrkräfte in Form von Sprechstunden, Einführungsveranstaltungen, Erstgesprächen, Workshops und Betreuungsleistungen.

9 Technologien

Technologien in der Software-Entwicklung

Die HPI Schul-Cloud basiert auf vielen unterschiedlichen Services, welche über Schnittstellen miteinander kommunizieren. Gemeinsam bilden sie eine Instanz der HPI Schul-Cloud, wie sie beispielsweise durch die Länder genutzt wird. Die Architektur und der modulare Aufbau der Anwendung erlauben eine flexible Anpassung für zukünftige Wünsche der Nutzer.

Verschiedene Microservices stellen eine REST-Schnittstelle zum API Server bereit, über welche mit ihnen kommuniziert wird. Diese abstrahiert funktionale Anforderungen von der technischen Umsetzung. Die Services sind zustandslos aufgebaut und lassen sich hinter einem Loadbalancer horizontal skalieren. Dadurch lässt sich die Anwendung bei wechselnden Nutzerzahlen ohne Leistungseinbußen unkompliziert skalieren.

MEVN Stack

Während unsere Microservices meist über eine REST-Schnittstelle kommunizieren, bleiben den Entwicklern bei der Auswahl der intern verwendeten Technologien zwar eigentlich viele Freiheiten, trotzdem haben sich verschiedene Technologien manifestiert. Durch die Wiederverwendung z.B. der gleichen Programmiersprache in Frontend und Backend kann ein Entwickler sich schnell in neue Bereiche einarbeiten.

Der MEVN-Stack beschreibt das Nutzen der folgenden Technologien über mehrere Microservices hinweg: MongoDB, Express, Vue.js, Node.js. Verschiedene Backend-Services nutzen davon

- MongoDB, eine Dokument-basierte Datenbank,
- Express, ein Web-Framework für Node.js,
- Node.js, eine JavaScript Runtime, basierend auf VM JavaScript Engine.

Als Frontend wird ein einheitlicher Client basierend auf Vue.js genutzt. Das progressive Framework ermöglicht das Erstellen des UI-Layers durch deklaratives Rendering.

Legacy-Konzepte

Neben den oben beschriebenen Technologien werden im weitere Komponenten, Technologien und Konzepte genutzt, die sich in Legacy-Komponenten befinden und durch ständiges Refactoring in der weiteren Entwicklung ersetzt werden.

Technologien der Infrastruktur

Die Instanzen der HPI Schul-Cloud werden in einer Multi-Cloud-Umgebung bereitgestellt. Diese kombiniert Komponenten verschiedener Cloud-Anbieter auf Basis von Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Software-as-a-Service (SaaS). Durch diese Kombination bleibt der Aufwand für den Betrieb der Instanzen trotz der hohen Nutzerzahlen in einem sehr guten Verhältnis.

Mithilfe der IaaS in der Cloud-Umgebung wird beschrieben, wie die verwendeten PaaS Services miteinander kommunizieren. Die PaaS und SaaS Services ermöglichen es eine Flexiblere Anpassung der Services an die benötigten Anforderungen an Ressourcen zu treffen. Zudem werden die SaaS Services von unserer Anwendung als PaaS Services konsumiert.

Bei den eingesetzten SaaS Services handelt es sich um Services, welche automatisiert horizontal skaliert werden. Wichtige PaaS Services der Umgebung sind u. a. die Container Umgebung, Datenbanken, Speicher-Systeme, Reverse Proxys sowie Schutzmechanismen z. B. gegen Distributed-Denial-of-Service-Angriffe (DDoS), welche in der Vergangenheit leider mehrfach auch in größerem Ausmaß stattgefunden haben.

Kubernetes

Als Container Umgebung wird Kubernetes eingesetzt. Diese stellt ein aus einzelnen Rechnern bestehendes Cluster bereit, über welches virtualisierte Infrastruktur bereitgestellt wird. Kubernetes übernimmt zudem Managementaufgaben, wenn die unter dem System liegende Hardware ausfällt, um den Weiterbetrieb unabhängig von einzelnen Hardwarekomponenten zu garantieren.

Der Betrieb der unterschiedlichen (Länder-)Instanzen lässt sich durch Namensräume unterteilen. Dadurch kann eine exakte Abrechnung der Ressourcen durchgeführt werden, obwohl diese in einem großen gemeinsamen Cluster betrieben werden. Gleichzeitig werden die bereitgestellten Services durch die unterschiedlichen Namensräume voneinander getrennt, sodass die Nutzerdaten der Instanzen getrennt sind. Ein Zugriff auf einen anderen Namensraum ist ausgeschlossen.

Durch den Hohen Grad der Automatisierung im Deployment können einerseits Releases der Produktivsysteme als auch ein Deployment von Funktionen, die sich noch in der Entwicklung befinden, automatisiert durchgeführt werden. Durch das frühe automatisierte Deployment von Instanzen wird ermöglicht, kontinuierliches Feedback bei der Weiterentwicklung der Anwendung von technisch nicht versierten Nutzern einzuholen.

Persistierung von Nutzerdaten über PaaS

Die Datenbanksysteme MongoDB und PostgreSQL werden als PaaS integriert. Dadurch lassen sich die Systeme schnell skalieren. Die Ausfallsicherheit wird durch die Cloud-Anbieter gewährleistet. Die hohen Verfügbarkeitsgarantien der Anbieter für ihre als PaaS angebotenen Dienste werden dadurch ausgelagert.

MongoDB ist eine NoSQL Datenbank, die auf Objekten basiert, die in der Repräsentation sehr nah an den von den in der Anwendung verwendeten Datenobjekten ist.

Für einige Services ist die Verwendung einer relationalen SQL Datenbank jedoch besser geeignet. In diesen Fällen wird PostgreSQL eingesetzt.

Als PaaS Services für die Speicherung der von Nutzern hochgeladener Daten wird ein S3-konformer Service von einem Cloud-Anbieter verwendet.

Das S3-Protokoll wurde von Amazon entwickelt und wird mittlerweile von verschiedenen Cloud Anbietern bereitgestellt und auch als Open-Source-Software weiterentwickelt. Die Daten werden innerhalb des S3 als Objekte betrachtet. Damit gibt es dort keine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Arten von Daten.

Der Zugriff auf Daten in einem S3 System erfolgt über das HTTP Protokoll. Die Verwendung des Protokolls ist besonders durch viele Mechanismen zur Zugriffs-Regelung, wie z.B. der Dauer für die ein Nutzer Zugriff erhält von Vorteil.

Datenschutzkonforme selbst-skalierende Bereitstellung von Videokonferenzen

Die auf BigBlueButton basierenden Videokonferenz-Services werden auf Basis von IaaS bereitgestellt, da zur Zeit der Bereitstellung kein datenschutzkonformer Anbieter existierte. Das System besteht aus einem Loadbalancer sowie je nach Nutzung schwankender Zahlen an Virtuellen Maschinen, die BigBlueButton bereitstellen.

Durch die schwankenden Nutzerzahlen und Streams laufender Videokonferenzen und die Gesamtzahl an laufenden Konferenzen wurde ein sowohl vertikal als auch horizontal skalierendes System erstellt. Über die IaaS-API lassen sich virtualisierte Hardwareeigenschaften skalieren. Über den Loadbalancer werden neu beginnende Videokonferenzen den am geringsten ausgelasteten Virtuellen Maschinen zugeordnet.

10 Software-Architektur

Ziele

Die Architektur der Anwendung verfolgt folgende Ziele:

- Entkopplung der Business-Logik von Technologie, Protokollen, Frameworks,
 - Hierdurch wird die Geschäftslogik nachvollziehbar und testbar und
 - funktionale Anforderungen können unabhängig von technologischen Änderungen flexibel angepasst werden.
- Definition von Standards für Querschnitts-Konzepte, u. a. Fehlerbehandlung, Logging, Transaktionen, API-Dokumentation und -Validierung.

Prinzipien

Die Architektur basiert auf den folgenden Prinzipien:

- *Komponenten-basiertes Design*
dadurch ergeben sich folgende untergeordnete Prinzipien
 - *Trennung von Zuständigkeiten* (Separation of concerns),
 - *Wiederverwendbarkeit* und Vermeidung doppelten Codes (DRY),
 - *Datenkapselung* durch austauschbare Implementierungen hinter einer Komponenten-API,
 - *Design by Contract* – selbstbeschreibende stabile Komponenten-API,
 - *Schichten* wie auch die Trennung von Geschäftslogik und technologischer Implementierung zur besseren Wartbarkeit,
 - *Datensouveränität* (und hohe Kohärenz mit loser Kopplung).
- Homogenität
Ähnliche Probleme werden in ähnlicher Art und Weise gelöst um durch einen konsistenten Programmierstil geprägt.

Überblick

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Architektur der HPI Schul-Cloud. Sie umfasst die Facharchitektur sowie Technische Architektur, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

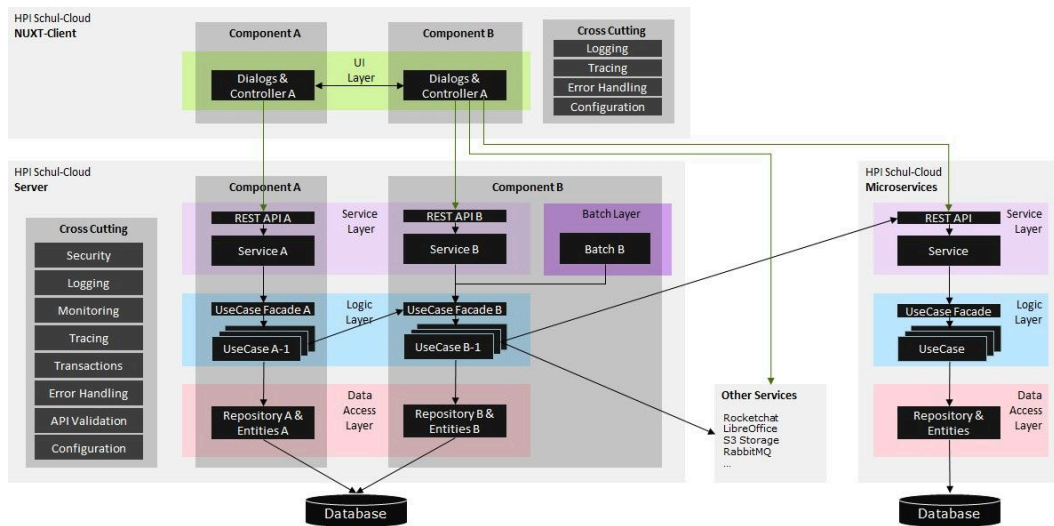


Abbildung 1: Komponenten der HPI Schul-Cloud

Facharchitektur: Die Facharchitektur unterteilt die Anwendung in Geschäftskomponenten. Unterschiedliche Verantwortlichkeiten sind in unterschiedlichen Komponenten gekapselt, gemeinsam mit allen zugehörigen Aspekten. Darüber hinaus definiert die Facharchitektur das Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten. Abhängigkeiten sind frei von zirkulären Abhängigkeiten definiert. Der Funktionsumfang wird durch eine Schnittstelle definiert und beschrieben. Diese Schnittstelle kann durch andere Geschäftskomponenten genutzt oder kombiniert werden, sofern die fachlichen Anforderungen dies zulassen.

Die Geschäftskomponenten ergeben sich aus der Facharchitektur, die durch den Product-Owner verwaltet werden. Wenn die Implementierung einer Anforderung komplex wird (z. B. durch technisch hohe Kohäsion zwischen Komponenten), kann dies zu Änderungen der Facharchitektur führen. Deshalb werden fachliche Komponenten durch ein agiles Team bestehend aus fachlichen und technologischen Experten entwickelt.

Neben den fachlichen Komponenten existieren weitere technische Komponenten in der Anwendung, welche z. B. die Anbindungen externer Systeme umsetzen, Nichtfunktionale Anforderungen erfüllen oder generell das Umsetzen von fachlichen Anforderungen erst ermöglichen.

Die Implementierung einzelner Anforderungen erfolgt entweder aus Gründen der entkoppelten Skalierbarkeit in einem separat betriebenen Microservice oder als Komponente eines „Modulith“ (API-Server). Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Komponenten, die als Modul gemeinsam in einer Anwendung laufen und welche horizontal skaliert wird.

Technische Architektur: Die technische Architektur unterteilt die Anwendung auf Basis einer mehrschichtigen Architektur in unterschiedliche technische Schichten. Eine Schicht ist eine zusammenhängende Einheit, in der gezielt bestimmte Aufgaben umgesetzt werden. Bei einer dreischichtigen Unterteilung ergeben sich z.B. eine Präsentations-, Geschäfts- und Repository-Schicht. Die einzelnen Schichten basieren häufig auf einem Framework. Gegenüber der Geschäftsschicht werden technische Bedingungen durch die umliegenden Schichten abstrahiert. Eine Geschäftskomponente wird letztlich sowohl in mehrere kleinere Komponenten unterteilt, die nebeneinander oder hierarchisch angeordnet werden können. Die Inhalte der Komponenten sind im Einzelnen in unterschiedliche Schichten aufgeteilt.

Komponenten

Entsprechend der Trennung von Zuständigkeiten wird der Programmcode in unterschiedliche Komponenten aufgeteilt. Hierfür existieren Vorgaben zu Datei-/Ordner-Konventionen und dem Mapping der Architektur zu Programmcode. Komponenten besitzen eine klare Definition ihrer Schnittstelle die durch andere Komponenten genutzt werden kann und kapseln interne Programmlogik. Auf interne Programmlogik einer Komponente darf nicht direkt durch eine andere Komponente zugegriffen werden. Für die HPI Schul-Cloud ergeben sich u.a. zwei Arten von Komponenten.

a. Geschäftskomponenten

Diese Komponenten verwalten eine oder mehrere Entitäten mit zugehöriger Geschäftslogik zu anderen Komponenten oder externen Systemen.

b. Adapter-Komponenten

Adapter-Komponenten dienen

- der Kapselung von Interaktionen mit externen Systemen:
 - Requests zu einem externen System, z.B. Chat, Videokonferenz, ...
- den Requests von einem externen System, nur wenn:
 - das externe System eine spezifische API verlangt (z.B. ein öffentlicher Standard).

- Wenn (nicht-)funktionale Anforderungen existieren, welche eine Kapselung rechtfertigen, z.B. eine Reporting-API, die Daten mehrerer Komponenten aggregiert,
- APIs mit unterschiedlichen Sicherheits-Anforderungen,
- andernfalls sollte die Standard-API der Geschäftskomponente verwendet werden.

11 Nutzung von Komponenten

Kommunikation zwischen Komponenten

Wenn eine Komponente B etwas von Komponente A benötigt, darf der Zugriff ausschließlich über die Use-Case-Fassade von A erfolgen.

- Andere Komponenten dürfen nur auf die über eine Fassade freigegebenen Schnittstellen einer anderen Komponente zugreifen. Jegliche andere Logik darf nicht direkt aufgerufen werden. Dadurch existieren klare Schnittstellen, die getestet und validiert werden können.
 - Direktzugriff auf die Datenschicht würde die Wartbarkeit und Kapselung beeinflussen.
 - Direktzugriff auf die Service-Schicht bringt durch Protokoll-spezifische Aspekte unnötigen Mehraufwand, der fachlich nicht relevant ist.
- In einigen Fällen ist es gestattet, aus der Service-Schicht einer Komponente auf die Use-Case-Fassade einer anderen Komponente B zuzugreifen, z.B.
 - wenn Komponente B keine Geschäftslogik bereitstellt (z.B. eine Adapter-Komponente).
 - In anderen Situationen sollte eine Abfolge von Use-Cases über den Service-Layer aufgerufen werden.

Bereitstellung von APIs für die Nutzung durch externe Systeme

Externe Anwendungen, die nicht über die Standard-REST-API angebunden werden können, z.B. weil Sie einen bestimmten Standard erwarten, werden zusätzliche Endpunkte durch eine Adapter-Komponente bereitgestellt werden. Dies kann auch notwendig sein, wenn das externe und interne Datenmodell sich unterscheiden und ein Mapping der Daten stattfinden muss.

Um Seiteneffekte zu vermeiden und der Logik-Schicht die volle Kontrolle über die Geschäftslogik zu geben sind Adapter nur gegen Use-Case-Fassaden zu entwickeln. Es ist nicht gestattet, direkt auf den Service Layer oder die Datenschicht zuzugreifen.

Anwendungsfällen kann eine Adapter-Komponente eigene Business-Logik enthalten (z.B. Mapping, Validierung, ...)

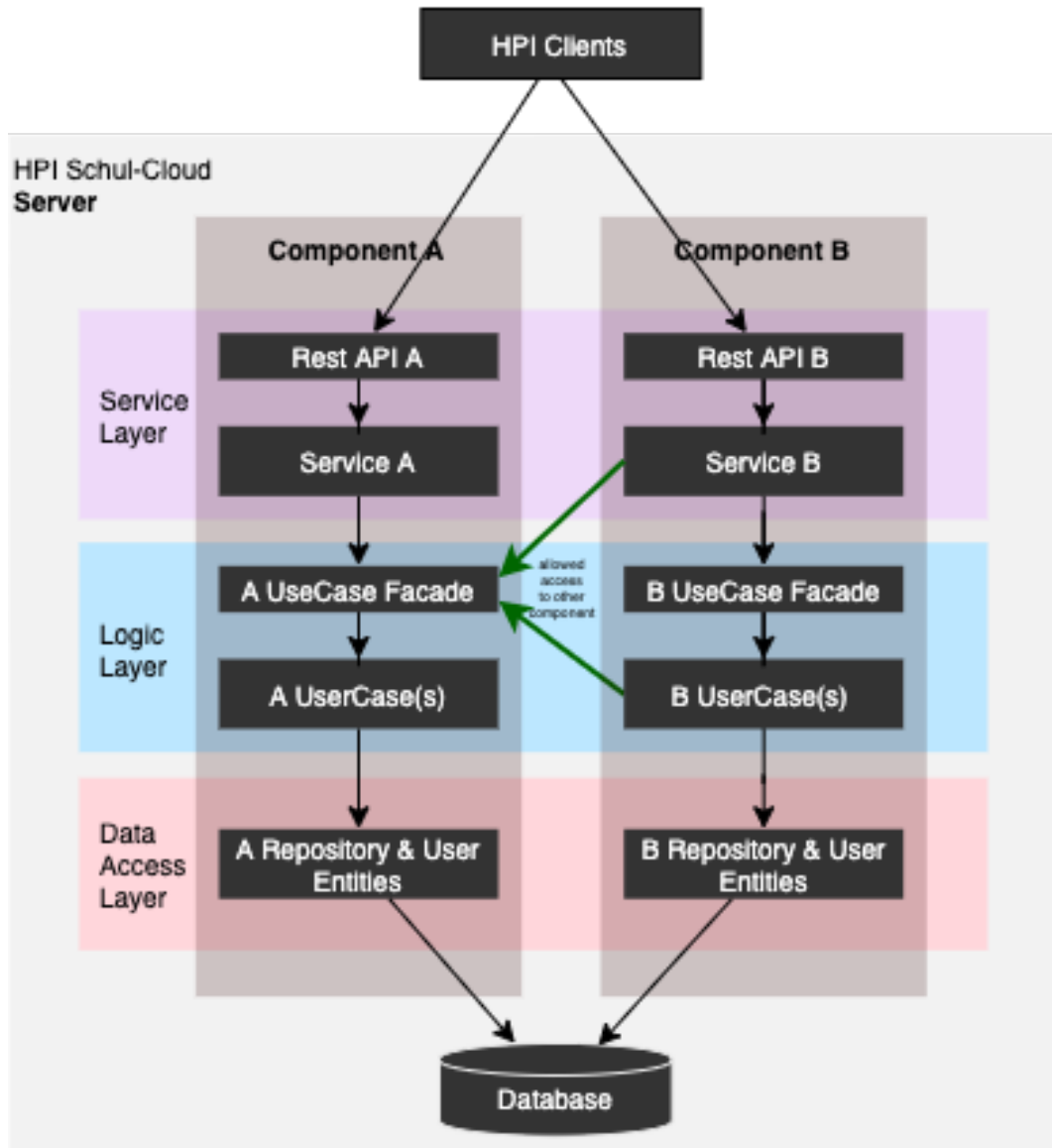


Abbildung 1: Komponentenbasierter Aufbau der HPI Schul-Cloud

Die Adapter-Komponente kann z.B. zum Caching von Daten über eine eigene Datenschicht verfügen, darf aber keine Abhängigkeiten zur Datenschicht anderer Komponenten besitzen.

Eine Adapterkomponente kann über mehrere Endpunkte verfügen (z.B. Benutzer, Kurse und Klassen) sowie auf mehrere Geschäftskomponenten zugreifen.

Die obige Grafik zeigt den grundsätzlichen Aufbau. Wie oben beschrieben kann eine Adapter-Komponente auf mehrere Komponenten zugreifen.

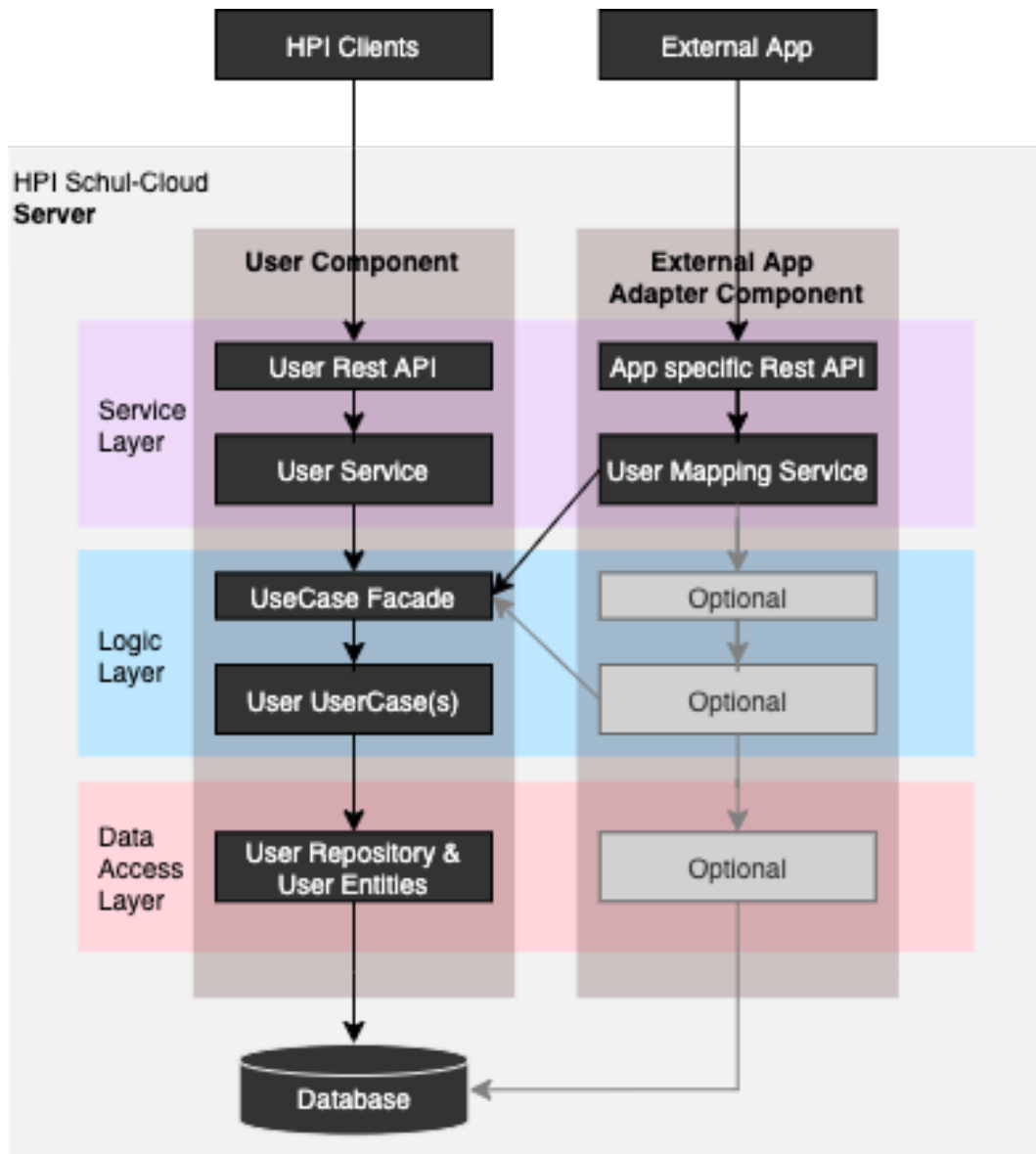


Abbildung 2: Komponentenbasierter Aufbau der HPI Schul-Cloud

Zugriff auf externe Systeme/APIs

Für gewöhnlich wird der Zugriff auf externe Systeme in einer eigenen Komponente gekapselt. Eine Adapter-Komponente ist verantwortlich für das Mapping zwischen dem internen und externen Datenmodell und der System- und Protokoll-spezifischen Logik. Solche Komponenten basieren auf folgenden Guidelines:

- Der Name der Komponente erhält einen abstrakten Namen, wie Chat-Adapter statt Rocket-Chat-Adapter. Dies erlaubt die Austauschbarkeit des externen Systems ohne größere Änderungen im Programmcode.

- Unter bestimmten Voraussetzungen kann ein externes System direkt eine Geschäfts-Komponente sein, wenn:
 - keine Weiterverwendung durch andere Komponenten stattfindet, die Logik in der Komponente gekapselt ist und alle Aufrufe die Use-Case-Fassade verwenden,
 - eine starke Ähnlichkeit zu einem durch eine Geschäfts-Komponente verwaltete Entität besteht und das externe System wie ein Repository verwendet werden kann oder das externe System die Validierung übernimmt,
 - eine Adapter-Komponente ein Business-Interface bereitstellt (Use-Case-orientiert). Adapter-Komponenten können ihre eigene Rest-API bereitstellen, müssen dies aber nicht,
 - * APIs müssen aber Business-orientiert und dürfen nicht System-spezifisch sein. Der Client und die Protokoll-Logik (REST client, etc.) befindet sich in der Datenschicht.
 - eine Adapter-Komponente mehrere Clients für verschiedene Services beinhaltet (Rocketchat, Matrix-Chat, ...). Die Datenschicht kann Entities und Datenbank-Repositories enthalten, wenn Caching oder Mapping von Daten stattfindet Die Business-Schicht ist quasi leer und sollte lediglich Daten anreicherndne Logik beinhalten,
 - * Logik zum Ermitteln eines korrekten Clients kann enthalten sein, um z.B. für Lizenzen oder basierend auf Features z.B. ein Bundesland, eine Schule oder einen Landkreis zu ermitteln (z.B. Nutze Matrix-Chat in Brandenburg aber Rocketchat in Niedersachsen).

Anbindung externer Systeme mit Adapter-Komponente

Zugriff auf Legacy-Code: Zugriff auf Legacy Code sollte aus der Business-Schicht heraus erfolgen, kann aber auch aus der Service-Schicht heraus erfolgen, wenn die Business- Schicht keine Implementierung für einen Anwendungsfall beinhaltet oder lediglich ein Mapping von Daten im Service-Layer stattfindet.

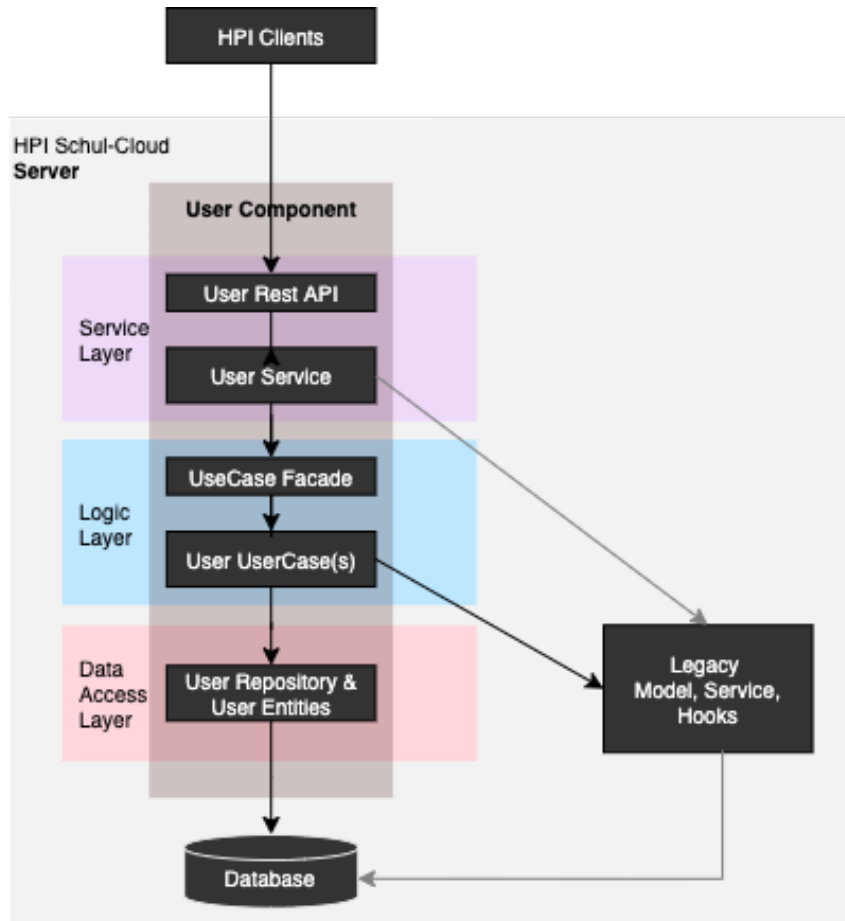
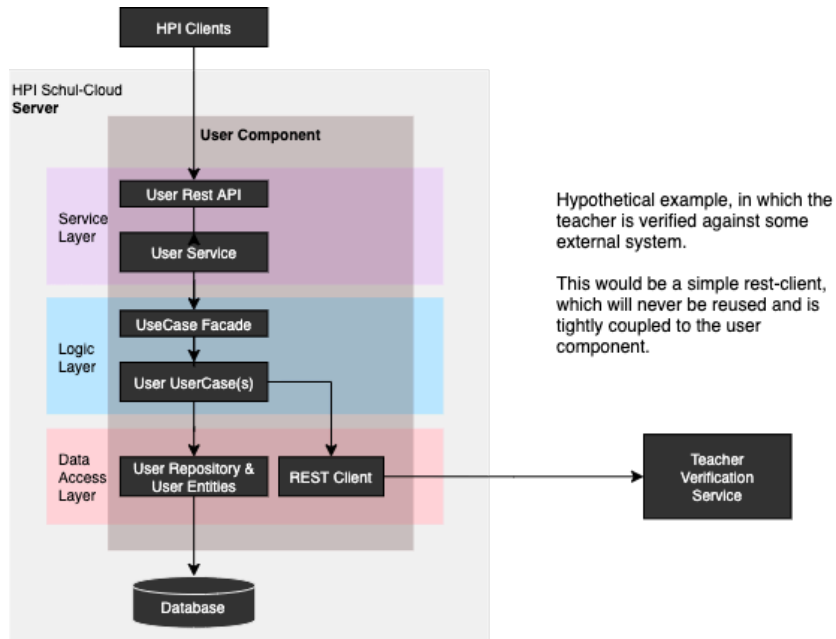


Abbildung 3: Beispielhafte Anbindung eines externen Systems

Herauslösen von Komponenten in ein externes System (Microservice)

Wenn eine Komponente aus technischen Gründen nicht mehr im Modulithen betrieben werden kann, lässt sich diese ohne großen Aufwand aus diesem lösen. Wenn eine Komponente entkoppelt ist und die Funktionalität bisher über die Use-Case-Fassade aufgerufen wurden, werden diese nach dem Herauslösen auf den REST-Layer angehoben.

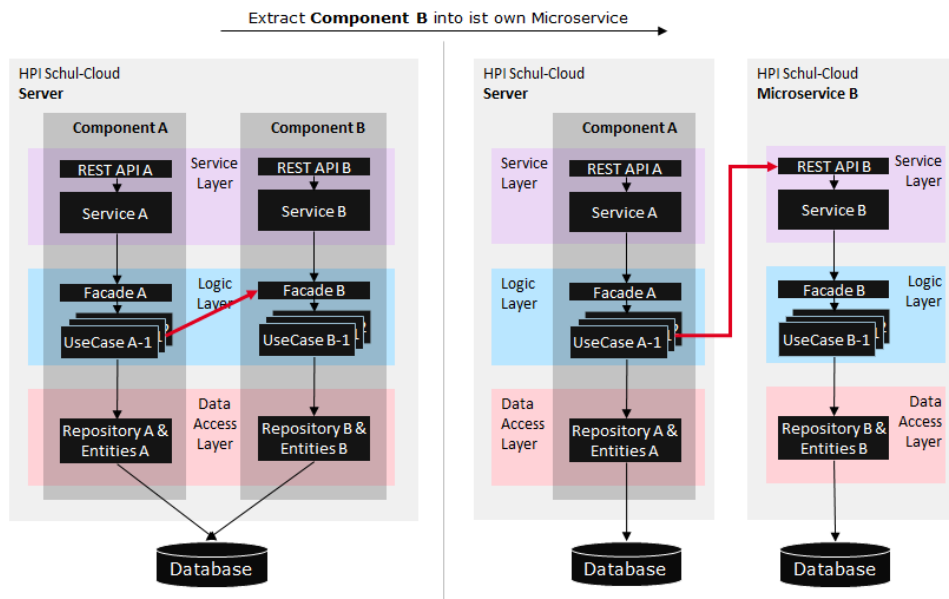


Abbildung 4: Herauslösung einer Komponente in einen eigenen Microservice

Schichten

Grundsätzlich wird zur Darstellung ein Client als Single-Page-Anwendung basierend auf Nuxt.js und Vue.js verwendet, die den Backend-Services vorangestellt ist. Die Verantwortlichkeiten des Clients liegen darin, die Nutzerschnittstelle im Browser bereitzustellen, einfache Validierung von Formulareingaben durchzuführen und die Mehrsprachigkeit des Nutzerinterfaces umzusetzen. Des Weiteren existiert ein Legacy Client basierend auf Express und Handlebars.

Im Folgenden werden die Schichten innerhalb eines Backend-Services vorgestellt.

a) Service-Schicht

Die Service-Schicht stellt Funktionalitäten aus der Geschäftsschicht über ein Netzwerk oder technisches Protokoll für externe Konsumenten bereit. Hierdurch wird die Geschäftsschicht von Abhängigkeiten der Außenwelt entkoppelt. Die Service-Schicht kann Funktionalitäten über mehrere Protokolle zur Verfügung stellen, wie z.B. REST, Sockets, Kafka Messages u. a., welche Protokoll-spezifische Anfragen in die davon unabhängige Geschäftsschicht weitergeben.

Die Service-Schicht nutzt Feathers oder NestJS basierend auf Express um RESTful/Socket-APIs an den Legacy- oder Nuxt-Client oder weitere Konsumenten bereitzustellen.

In dieser Schicht wird einerseits überprüft, dass die spezifizierte API eingehalten wird

- werden verschiedene Querschnittskonzepte eingeführt, wie: Garantieren der Authentifizierung und (Rollen-/Berechtigungs-basierten) Autorisierung,
- Validierung von Request-/Response-Daten gegen die API Spezifikation,
- Mapping interner Entitäten zur externen Nutzung (z.B. Entfernung von sicherheitsrelevanten Informationen oder technischen Daten etc.),
- Globale Fehlerbehandlung sowie das Loggen Anfragen und Fehlern,
- Bereitstellung von Trace-Informationen (Request-ID, Nutzer) zum Logging,
- Sammeln von Monitoring Informationen (Anzahl Anfragen, Antwortzeiten, Fehlerraten, etc.).

Hier findet eine Datenvalidierung von Nutzerdaten sowie ein Mapping der internen Entitäten vor der Ausgabe statt. Aus dem Request-Context kann der Authentifizierte Nutzerkontext entnommen werden.

b) Geschäftsschicht

Die Geschäftsschicht kann als das Herz der Anwendung bezeichnet werden und beinhaltet die Geschäftslogik. Entsprechend der Facharchitektur wird die Anwendung in die zuvor beschriebenen Komponenten unterteilt, welche Geschäftsfälle implementieren. Jede Komponente kapselt dabei die technologische Umsetzung und stellt über eine öffentliche Fassade bereit. Diese kann durch Komponenten aufgerufen werden oder über die Service- Schicht exportiert werden.

Die Geschäftsschicht ist verantwortlich für die Implementierung der Geschäftslogik basierend auf spezifizierten funktionalen Anforderungen und Bedürfnissen. Demnach erstellt die Geschäftsschicht den Wert der Anwendung. Zusätzlich fallen folgende Aspekte in den Verantwortungsbereich:

- Validierung basierend auf Geschäftsregeln, wie z.B. Eltern müssen das Einverständnis zur Nutzung für Schüler unter 16 geben,

- Autorisierung und Datenzugriffsberechtigungen für spezifische, Berechtigungen, wie z.B. ein Lehrer kann nur Schüler seiner Schule sehen, wenn diese in einem seiner Kurse sind,
- Choreografie: Grundsätzlich ist es Aufgabe dieser Schicht, andere Komponenten oder externe Systeme aufzurufen.

Die Geschäfts-Schicht muss frei von Abhängigkeiten umliegender Protokolle oder Datenbanken sein. Sie macht keine Annahmen darüber, welcher Client sie aufruft oder welche Protokolle genutzt werden oder wo Daten gespeichert sind. Z.B.

- finden keine Zugriffe auf HTTP-Request Parameter oder Header statt. Ein definiertes Interface definiert die Eingabedaten und macht den Aufruf unabhängig von Aufrufer.
- Es werden keine HTTP-Spezifischen Fehler geworfen, wie „404 Nicht gefunden“. Stattdessen wird ein Anwendungsspezifischer Fehler geworfen, der durch die globale Fehlerbehandlung eine HTTP-Repräsentation 404 erhält.
- Es werden keine SQL- oder MongoDB-Queries erstellt. Stattdessen wird ein definiertes Interface der Datenschicht aufgerufen, welche die Transformation zu datenbankspezifischen Queries übernimmt.
- Dies erlaubt die Logik dieser Schicht in Unit-Tests unkompliziert und ohne Abhängigkeit zu externen Systemen zu testen.

c) Datenzugriffs-Schicht

Die Datenzugriffsschicht ist verantwortlich für alle externen Verbindungen und den Zugriff sowie das Verarbeiten von Daten. Während hierüber hauptsächlich der Zugriff auf einen persistenten Datenspeicher zu verstehen ist, gehört auch der Zugriff auf externe Systeme/Services in diese Schicht. Fachbezogene Anforderungen werden in dieser Schicht mit Hilfe von Frameworks wie einem Datenbank-Client in technische Queries übersetzt.

Unabhängig von dem Zielframework oder Protokoll des Datenspeichers oder externen Systems muss das intern verwendete Interface der Datenschicht unabhängig davon sein. Z.B. werden intern Paginierungsparameter bereitgestellt. Dadurch können folgende Vorteile genutzt werden:

- Trennung von Zuständigkeiten: Datenbankfragen/externe Systemaufrufe werden gekapselt und können separat getestet werden. Eine (fachliche) Abstraktion zum externen System wird bereitgestellt.
- Anwendungsspezifische Filterkriterien werden von Datenbankspezifischen Filterkriterien getrennt.
- Sicherheitsrisiken u.a. über Injections werden minimiert, da keine Queries direkt von der API an die Datenbank weitergereicht werden.

d) Batch-Schicht

Die Batch-Schicht ist prinzipiell der Service-Schicht gleichzustellen beinhaltet aber Programmcode zur mehrfachen Ausführung oder länger andauernden Aufgaben. Zur Vereinfachung werden Jobs für solche Art von Aufgaben verwendet.

Z.B. wird im Nutzerimport via CSV durch einen Batchjob wie beim einzelnen Erstellen eines Nutzers für jeden anzulegenden Nutzer der Use-Case „create user“ ausgeführt. Im Job werden lediglich technische Aspekte zur Umsetzung, wie das Parsen des CSV-Files umgesetzt. Bei komplexen Aufgaben oder solchen, die viele Datensätze betreffen, kann es umständlich sein, Daten über Use-Cases zu manipulieren. Dann ist es auch möglich, Daten direkt über Repository-Methoden zu manipulieren, was aber die Wartbarkeit der Anwendung beeinflussen kann.

Querschnittskonzepte

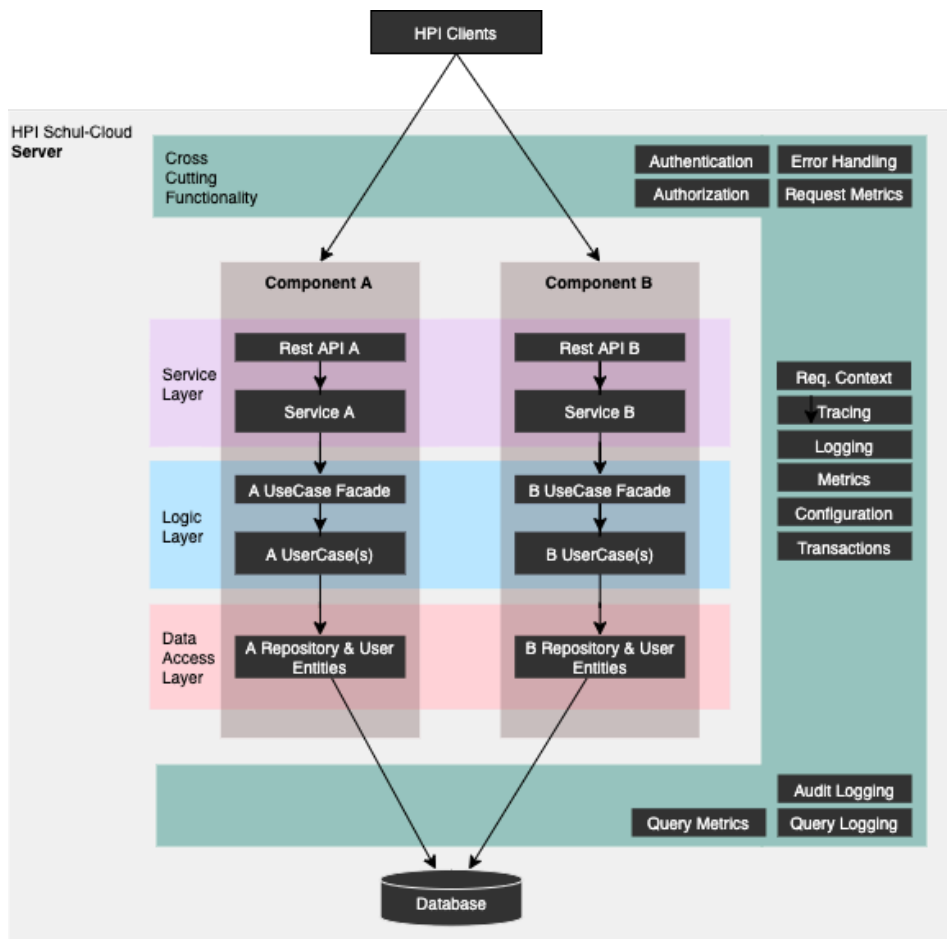


Abbildung 5: Querschnittskonzepte der HPI Schul-Cloud

a) Fehlerbehandlung

Beim Auftreten von Fehlern innerhalb der mehrschichtigen Architektur können

- diese auf zwei Arten behandelt werden: direktes Behandeln von Fehlern, z.B. erneutes Ausführen eines externen Aufrufs oder
- Abbruch der Ausführung und Weitergabe des Fehlers in das aufrufende System.
 - Bei Batch-Jobs wird die Behandlung in der Batch-Schicht durchgeführt (Neustart eines Jobs, Abbruch, Überspringen oder vollständiges Abbrechen etc.).

b) Request-Kontext

Auf verschiedene Querschnittskonzepte wird aus mehreren Bestandteilen der Anwendung

- heraus innerhalb einer Anfrage zugegriffen. Dies sind z.B. eine Trace-Id, welche in Logs oder Audits notiert wird.
- Der ausführende Nutzer oder Batch-Job wird ebenfalls in Logs und Audits notiert.
- Bei der Einführung von Transaktionen über mehrere Komponenten (z.B. Nutzer und Klassen) müssen Transaktionsdaten über mehrere Komponenten hinweg verfügbar sein.

Der Kontext wird v.a. in der Datenschicht (zum Audit-Log) benötigt und wird vor der Ausführung der Geschäftslogik initialisiert. Charakteristik:

- Der Request-Kontext ist Request-spezifisch und wird danach zerstört.
- Andere (zeitgleich ausgeführte) Requests haben keinen Zugriff auf andere Requests und deren Kontext auch nicht solche des gleichen Nutzers.
- Der Kontext darf keine Businessinformationen beinhalten und lediglich über Informationen verfügen, die durch Querschnittskonzepte genutzt werden.
- Für Batch-Jobs wird ein technischer Nutzer verwendet.
- Für Superheroes wird kein getrennter Mechanismus verwendet. Dadurch kann die gleiche Logik für alle Aufrufe verwendet werden und die Ausführung ist in der Geschäftsschicht isoliert.

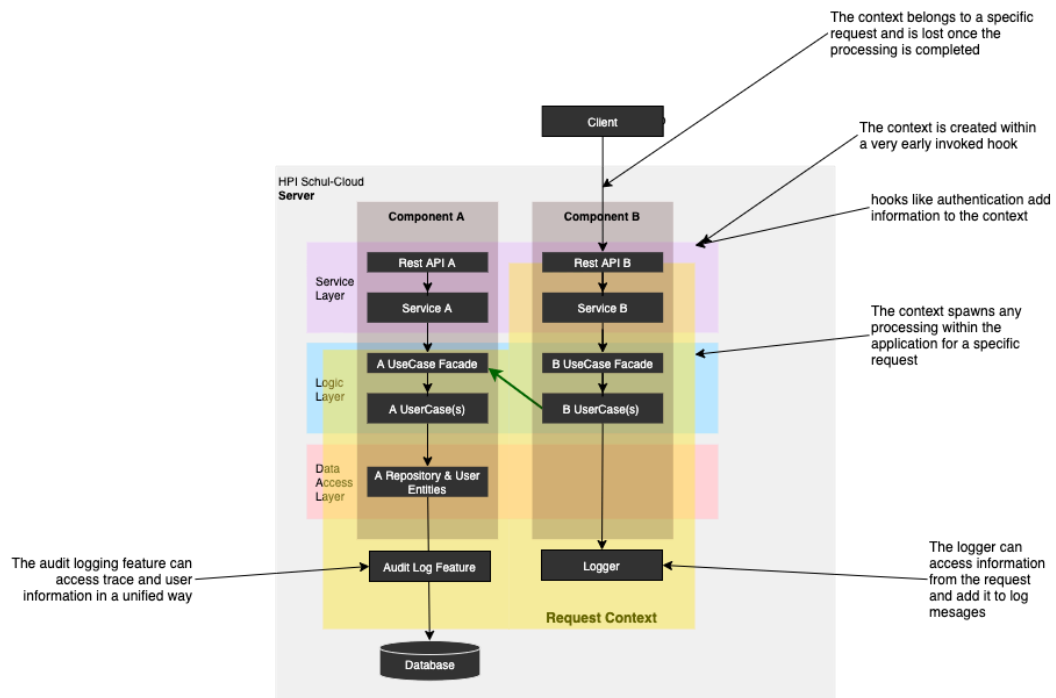


Abbildung 6: Requests in der HPI Schul-Cloud

c) Weitere Konzepte

Weitere hier nicht weiter beschriebene Konzepte umfassen u. a.

- Logging und Audit-Logging Tracing,
- Metriken Transaktionen.

Diese orientieren sich stark an dem intern genutzten Framework und werden daher nicht weiter beschrieben.

12 Methodik

Entwicklungsprozess

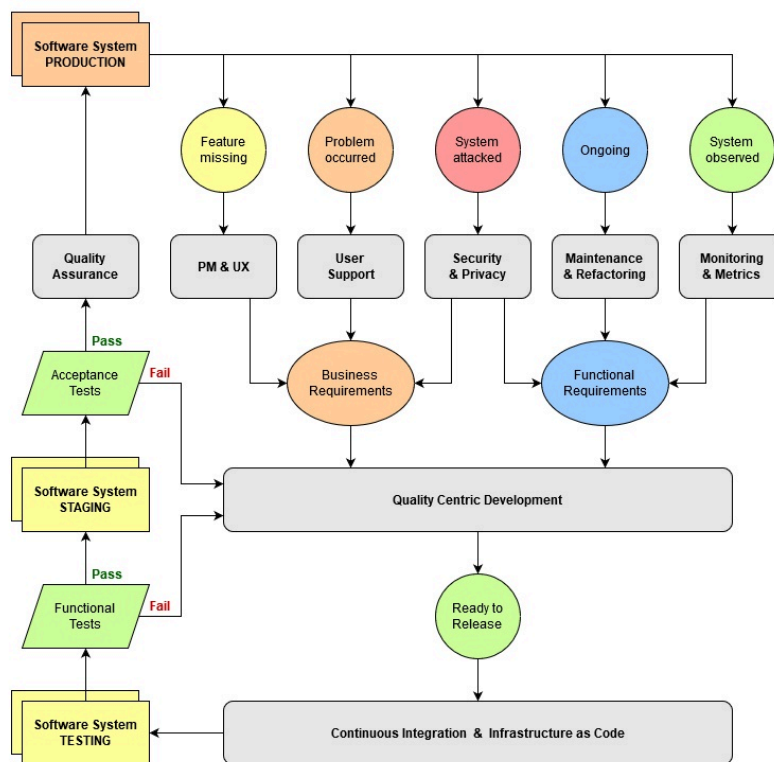


Abbildung 1: Entwicklungsprozess der HPI Schul-Cloud

Mit dem Entwicklungsprozess werden unterschiedliche Belange aus verschiedenen Bereichen von Berechtigung eine Daseinsberechtigung gegeben. Unterschiedliche Beweggründe führen zur stetigen Veränderung des Softwaresystems, die durch unterschiedliche Rollen vertreten werden:

Geschäftsanforderungen werden aus den folgenden Bereichen ermittelt: Fehlende Funktionalitäten werden im Priorisierungsprozess mit Stakeholdern, Produktmanagern und UX-Designern gesammelt. Fehlverhalten oder unklares Verhalten erreicht das Team über den Nutzersupport.

Funktionale Anforderungen dienen dem zuverlässigen Betrieb der Anwendung. Durch Beobachtung von Monitoring-Systemen und Metriken kann auf wechselnde Leistungsanforderungen durch schwankende Nutzerzahlen reagiert werden als auch das andauernde Refactoring und Warten von Quellcode auf geänderte Anforderungen.

Sicherheit und Datenschutz wird in beiden Bereichen beheimatet und erhält damit eine besonders schützenswerte Daseinsberechtigung. Das Entwicklungsteam erfüllt die priorisierten funktionalen und Geschäftsanforderungen in einem iterativen Zyklus.

Agile Entwicklung

Agiles Arbeiten dominiert die Softwareentwicklung und wird auch in der HPI Schul-Cloud praktiziert. Auf seinem Weg vom Studentenprojekt zur länderspezifischen Homeschooling Lösung in der Pandemie hat sich das Thema Agilität konstant verändert und diese Entwicklung soll im nachfolgenden Absatz kurz beschrieben werden.

Der Grund für die Einführung agiler Methoden ist meistens das Ziel, dem Kunden das bestmögliche Produkt in kurzer Zeit zu liefern. Der traditionelle Projektplan, der Arbeit mehrere Monate vorher definiert und einplant, führt in sich schnell verändernden Welt der Softwareentwicklung oft zum sogenannten „Waste“, womit unnötiger Aufwand und am Kundennutzen vorbei entwickelte Features gemeint sind. Durch einen agilen Ansatz kann man diesen „Waste“ stark reduzieren. Die Herausforderungen in der HPI Schul-Cloud waren Zeitdruck in der Entwicklung durch die Pandemie, ein schnell wachsendes Team, das sich nur virtuell kannte und die Wünsche der vielen Stakeholder umzusetzen. Das Team arbeitete mit Scrum, konnte durch die beschriebenen Probleme jedoch nicht das volle Potenzial dieses Frameworks entfalten. Diese änderte sich Anfang 2021, als die Zeit der Quality Foundation genutzt wurde um ein Lighthouse Scrum Team zu bilden. Dieses Team hatte das Ziel herauszufinden, wie man die Herausforderungen der HPI Schul-Cloud durch agiles Arbeiten lösen kann. Das Team war sehr erfolgreich, indem es folgende Punkte umsetzte:

1. Die Sprint Zyklen wurden auf eine Woche verkürzt. Dadurch stellten sich schnelle Lerneffekte ein. Die kurze Entwicklungszeit pro Sprint zwang das Team die Anforderungen der Stakeholder klar zu definieren und mögliche Risiken schnell zu erkennen.
2. Das Team war eigenständig durch die Zusammensetzung an Fähigkeiten in der Lage, jegliches Feature alleine zu entwickeln.
3. Schnelles und direktes Feedback von Endnutzern war die Grundlage jedes Features. Auch die Bundesländer als Stakeholder waren am Feedbackprozess beteiligt.

4. Die Entwickler hatten komplette Freiheit in der Umsetzung der Anforderungen und konnten dadurch eine hohe Qualität erreichen.

Ausblick auf die Zeit nach August 2021:

Es gibt drei Scrum Teams mit 7–8 Personen, die jeweils einen Scrum Master haben. Die Teams arbeiten in Sprints, die üblicherweise eine Länge von 1–2 Wochen haben. Ein Sprint ist ein Entwicklungszyklus, in dem Kundennutzen geschaffen werden soll. Die Anforderungen an diese Teams kommen über den Product Owner, der für die Priorisierung des Backlogs verantwortlich ist. Die Grundlagen von Scrum sind Inspektion, Transparenz und Adaption. Dies wird durch verschiedene Mechanismen erreicht. Ein wichtiger Punkt hierbei ist die Review, bei der Stakeholder gemeinsam mit dem Team den Fortschritt bewerten und neue Impulse geben können. Zwei wichtige Grundlagen für das agile Arbeiten werden wir demnächst finalisieren: die Definition of Ready und die Definition of Done. Das erste Dokument legt fest, welche Anforderungen eine User-Story erfüllen muss, bevor ein Team aktiv daran arbeiten kann. Die Definition of Done ist das Gegenstück, das Mindeststandards festlegt, die erfüllt werden müssen bevor ein Produkt als „fertiggestellt“ bezeichnet werden kann.

Die Scrum Master organisieren sich teamübergreifend in einem Agile Chapter und bieten über ihre Teamtätigkeit hinaus Weiterbildungen und Coaching für die gesamte Organisation an.

Nutzerorientierte Entwicklung

Nutzerorientierte Entwicklung ist ein zentrales Element moderner Softwareentwicklung und ermöglicht, reale Nutzerbedürfnisse zu erkennen und für diese gezielt Lösungen zu entwickeln. Erfolgreich angewandtes UX Design und Research (das Herzstück nutzerorientierter Entwicklung) vermeidet unnötige Kosten die durch Entwicklung von Software entstehen kann, die an Nutzer vorbeientwickelt wird.

Als Beispiel für erfolgreich angewandte UX Methodik in der Schul-Cloud wird die Verbesserung des Aufgaben-Dashboards im neuen Client vorgestellt. Das neue Aufgaben-Dashboard für Schüler und Lehrkräfte wurde in einem agilen Scrum-Arbeitsmodus unter Anwendung von Methoden aus Lean UX entworfen, und schrittweise iteriert. Diese Methodik half dabei nutzerzentrierte Software zu entwickeln und in wöchentlichem Rhythmus Mehrwert für Nutzer zu schaffen.

UX Methodik und Arbeitsweise

Erhebung von Nutzerdaten: Um die Bedürfnisse der Nutzer besser zu verstehen, können sowohl qualitative als auch quantitative Nutzerdaten erhoben werden.

Schon vor der Entwicklung des Aufgaben-Dashboards wurde sowohl qualitativer als auch quantitativer User Research betrieben, der bei der Priorisierung des Features als auch des Backlogs half.

So wurde durch Auswertung von Nutzerfeedback und Wünschen im Help-Desk (quantitative Datenerhebung) und Tiefeninterviews mit Nutzer der HPI Schul-Cloud (qualitativer Datenerhebung) herausgefunden, dass das Aufgaben-Dashboard eines der meistgenutzten Features auf der Plattform darstellt, leider aber auch die meisten Fehler beinhaltet. Daraus entstand das Ziel „ein für Lehrkräfte und Schüler funktionierendes Aufgabenbereich zu schaffen.“

User Story Mapping: User Story Mapping ist eine Methode die dabei Hilft übergeordnete Nutzeranforderungen visuell darzustellen. In der Schul-Cloud wurde mithilfe dieser Methode das „Big Picture“ der „Hausaufgaben“ aus Perspektive von Lehrkräften und Schüler visualisiert.

Lo-Fi Prototyping und User Testing: Lo-Fi Prototyping ist eine Technik die Ideen schnell greifbar macht und mit wenig Aufwand zum Testen der Grundidee genutzt werden kann. Die vereinfachte Darstellung hilft dabei den Fokus der Tester auf das wesentliche Konzept zu lenken. Das Team welches das Aufgaben-Dashboard entwickelte, designte wöchentliche Lo-Fi Prototypen die mit Nutzer der Schul-Cloud getestet wurde um herauszufinden was den größten Mehrwert für sie liefert.

Wöchentliche Sprints und Vertikales Slicing des Backlogs: Vertikales Slicing des Backlogs hilft dabei, Arbeitspakete zu schnüren, die innerhalb von einem Einwochen-Sprintzyklus, implementierbar sind. Dies ermöglicht es dem Team mit jedem abgeschlossenem Zyklus potenziell Mehrwert für Nutzer zu schaffen. Kurze Zyklen ermöglichen es zeitnah Feedback einzuholen, um sicherzustellen, dass Nutzerbedürfnisse tatsächlich erfüllt werden. So haben die Nutzer die Möglichkeit die Produktentwicklung selbst mitzugestalten.

So ergab sich beispielsweise aus einem Test-Feedback das nächste Sprintziel: Eine Liste der Aufgaben in Rubriken unterteilt (Aufgaben mit Abgabedatum/Aufgaben ohne Abgabedatum).

Reviews: Kurze Entwicklungs- und Feedbackzyklen: Am Ende eines Sprints, nach Release, finden sogenannte Reviews mit dem erweiterten HPI Schul-Cloud Team und Vertretern der Länder statt. In den Reviews kann schnelles Feedback von Stakeholdern eingeholt werden, um den Entwicklungsstand mit externen Anforderungen abzugleichen. Eine Anforderung, die beispielsweise

im Feedback der Reviews entstand, war die optische Darstellung und Gruppierung der Aufgaben zu verbessern, sowie der Wunsch nach einer filterbaren Liste der Aufgaben.

Fazit

Der gewählte Arbeitsmodus und die angewandte Methodik aus dem Lean UX haben dafür gesorgt, dass das finale Produkt nutzerfreundlich ist und externen Anforderungen entspricht. Im Entwicklungsprozess des Aufgaben-Dashboards lag der Fokus auf User Value (Mehrwert für Nutzer) und es wurden wöchentlich neue Funktionen umgesetzt.

Agile Arbeitsweisen in Kombination mit UX Methodiken haben das interdisziplinäre Entwicklungsteam dazu befähigt komplexe Problemstellungen in umsetzbare Teilprobleme zu unterteilen und dabei effizient wöchentlich Lösungen für Lehrkräfte und Schüler zu schaffen.

13 Das HPI-Schul-Cloud Team

Leitung

Prof. Dr. Christoph Meinel,
Matthias Luderich (COO), Dr. Jan Renz (CTO), Catrina John (Projektkoordinatorin)

Team

Christiane Abraham, Odalys Adam, Stella Adami, Dominik Brüchner, Alexandra Busch, Virgil Chiriac, Cedric Evers, Thomas Feldtkeller, Tormod Flesjö, Dr. Michael Galbas, Susanne Gernandt, Markus Görlich, Max Heiliger, Hannes Hensel, Sebastian Hirsch, Rita Janisch, Jesus Jimenez, Konstantin Kaiser, Vivien Marie Kausmann, Dr. Ioannis Koumarelas, Alexander Kremer, Sophia Krüger, Martyna Krysinska, Oliver Lange, Britt Lehmann-Jahn, Laura Lemke, Jeny Alejandra Mazo, Dr. Prisca Menz, Murat Merdoglu, Maria Müller, Henning Neu, Arne Oberländer, Rene Oelke, Paul Poppe, Wolfgang Rathgeb, Lisa Rathke, Sarah Schäfer, Luisa Schrott, Martin Schuhmacher, Gudrun Schulz, Ulrika Schulz, Hannes Schurig, Yulia Shikhareva, Florian Sittig, Daniela Sofrone, Caroline Szymanski, Jaqueline Thorns, Oliver Weidner, Ramona Weitzenberg, Phillip Wirth, Tobias Wollowski

Partner

Das HPI Schul-Cloud Team hat eng zusammengearbeitet mit dem Team des MINT EC e.V. und mit Schülern und Lehrer zahlreicher Schulen in allen Bundesländern, insbesondere mit denen des MINT EC Netzwerkes. Beim Ausrollen gab es große Unterstützung von Seiten der Dataport AöR und den von Dataport koordinierten Kollegen von Capgemini und der 1&1 Ionos AG.

Förderer und Auftraggeber

Die Entwicklung der HPI Schul-Cloud wäre ohne das Vertrauen und die Förderung durch das von den beiden Bundesministerinnen Prof. Dr. Johanna Wanka und Anja Karliczek geleitete Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Bildungsministerien der Länder Niedersachsen, Thüringen und Brandenburg unter den Ministern Hendrik Tonne, Helmut Holter und Britta Ernst nicht möglich gewesen.

Aktuelle Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts

Band	ISBN	Titel	Autoren/Redaktion
142	978-3-86956-524-8	Quantum computing from a software developers perspective	Marcel Garus, Rohan Sawahn, Jonas Wanke, Clemens Tiedt, Clara Granzow, Tim Kuffner, Jannis Rosenbaum, Linus Hagemann, Tom Wollnik, Lorenz Woth, Felix Auringer, Tobias Kantusch, Felix Roth, Konrad Hanff, Niklas Schilli, Leonard Seibold, Marc Fabian Lindner, Selina Raschack
141	978-3-86956-521-7	Tool support for collaborative creation of interactive storytelling media	Paula Klinke, Silvan Verhoeven, Felix Roth, Linus Hagemann, Tarik Alnawa, Jens Lincke, Patrick Rein, Robert Hirschfeld
140	978-3-86956-517-0	Probabilistic metric temporal graph logic	Sven Schneider, Maria Maximova, Holger Giese
139	978-3-86956-514-9	Deep learning for computer vision in the art domain : proceedings of the master seminar on practical introduction to deep learning for computer vision, HPI WS 20/21	Christian Bartz, Ralf Krestel
138	978-3-86956-513-2	Proceedings of the HPI research school on service-oriented systems engineering 2020 Fall Retreat	Christoph Meinel, Jürgen Döllner, Mathias Weske, Andreas Polze, Robert Hirschfeld, Felix Naumann, Holger Giese, Patrick Baudisch, Tobias Friedrich, Erwin Böttinger, Christoph Lippert, Christian Dörr, Anja Lehmann, Bernhard Renard, Tilmann Rabl, Falk Uebernickel, Bert Arnrich, Katharina Hölzle
137	978-3-86956-505-7	Language and tool support for 3D crochet patterns : virtual crochet with a graph structure	Klara Seitz, Jens Lincke, Patrick Rein, Robert Hirschfeld
136	978-3-86956-504-0	An individual-centered approach to visualize people's opinions and demographic information	Wanda Baltzer, Theresa Hradilak, Lara Pfennigschmidt, Luc Maurice Prestin, Moritz Spranger, Simon Stadlinger, Leo Wendt, Jens Lincke, Patrick Rein, Luke Church, Robert Hirschfeld
135	978-3-86956-503-3	Fast packrat parsing in a live programming environment : improving left-recursion in parsing expression grammars	Friedrich Schöne, Patrick Rein, Robert Hirschfeld

ISBN 978-3-86956-526-2
ISSN 1613-5652