



Digital Makerspace

Prof. Dr. Manfred Kaul

Endbericht zum „Fellowship für Innovationen
in der digitalen Hochschullehre“

1. Einführung

Mit dem Konzept "*Digital Makerspace*" (DMS) wurde das populäre "*Makerspace*"-Konzept auf das Digitale übertragen. Wie in physischen "*Makerspaces*" werden damit auch in *digitalen* Werkstätten Produktionsmittel zur Verfügung gestellt, mit denen unkompliziert neue Ideen eigenständig konzipiert, realisiert, erprobt, kommuniziert und verteilt werden können.

Unter "*Makerspace*" wird eine offene, demokratische Werkstatt verstanden, mit der das Ziel verfolgt wird, Privatpersonen den Zugang zu Produktionsmitteln und modernen industriellen Produktionsverfahren für Einzelstücke zu ermöglichen, häufig mit dem Ziel des Experimentierens, Lernens und Miteinander-Teilens. Typischerweise sind solche Werkstätten mit Hardware wie 3D-Drucker, Laser-Cutter, CNC-Maschinen, Pressen und diversen anderen Werkzeugen ausgestattet. Wichtige Merkmale von Makerspaces sind die experimentelle unkomplizierte Anfertigung von Einzelstücken sowie der offene Zugang zu Wissen (Open Source/Open Access) und Produktionsmitteln. "A Makerspace is a collaborative work space inside a school, library or separate public/private facility for making, learning, exploring and sharing that uses high tech to no tech tools." (Maker_Spaces.com 2017)

Makerspaces tragen zur Demokratisierung von Technologie bei, indem sie Hochtechnologien für alle verfügbar machen, zur Selbsthilfe anregen und Kreativität fördern.

Digitalisierung als Umbruch von Wirtschaft und Gesellschaft wird jedoch weniger mit Hardware zu tun haben, als vielmehr mit Software. "Software is eating the world" hat Marc Andreessen im Wall Street Journal im Jahre 2011 postuliert (Andreessen 2011): Software führt zu disruptiven Veränderungen in fast allen wirtschaftlichen und auch gesellschaftlichen Bereichen. Mittlerweile hat sich dieses Internet-Mem weiterentwickelt

zu "Software programs the world" (Andreessen, 2016): Mit Software werden die Regeln bestimmt, nach denen Wirtschaft und Gesellschaft funktionieren. Daher ist es so wichtig, dieses Geschehen allgemein verstehbar zu machen, Software-Produktion zu demokratisieren und Makerspaces ins Digitale zu übertragen. An Hochschulen sollte dies eine Selbstverständlichkeit werden.

2. Beschreibung der Lehrinnovation

Die Übertragung des Makerspace-Konzeptes ins Digitale bedeutete für dieses Fellowship-Projekt, dass statt des Zugangs zu physischen Produktionsmitteln mit den typischen Hardware-Basteleien nun digitale Produktionsmittel in Form geeigneter Software zur Verfügung gestellt wurden. Dies wurde konsequent komponentenorientiert im WWW mit Web-Komponenten als Universal-Bausteinen (Kless 2015 und webcomponents.org 2017) basierend auf den neuesten W3C-Standards erreicht. Die Komponenten wurden in Digital Makerspaces im WWW offen und frei zur Verfügung gestellt, nach dem Lego-Prinzip neu kombiniert, in verschiedenen Anwendungen eingesetzt und in verschiedenen Lehrveranstaltungen wiederverwendet. Konsequenterweise ist der Digital Makerspace (DMS) selbst eine Webkomponente und genießt damit alle Vorteile von Komponenten im Web, z.B. Modularität und universelle Einbettbarkeit. Zum DMS gehören weiterhin Fabrikkomponenten, mit denen neue Komponenten konstruiert und erstellt werden können. Sowohl Lehrmaterial (Content) als auch die Produktionsmittel zur Erschaffung von Content werden uniform als Webkomponenten realisiert.

Content im Digital Makerspace bedeutet *interactive Open Educational Resources (iOER)*. Dieser Content ist interaktiv und kollaborativ. Interaktion und Kollaboration lassen sich nicht ohne Software realisieren. Interaktiver Content muss mit Software gebündelt sein. Im Digital Makerspace besteht Content aus Software in Form einer Webkomponente, Daten zur Konfiguration dieser Komponente und Metadaten mit Schlagworten zur inhaltlichen Auffindbarkeit. Diese Art von Content nennen wir App:

App = Webkomponente + Daten + Metadaten

Der Digital Makerspace ist eine Art Marktplatz für Apps. Lehrende und Studierende suchen darin eine für ihre Zwecke geeignete App, wählen eine

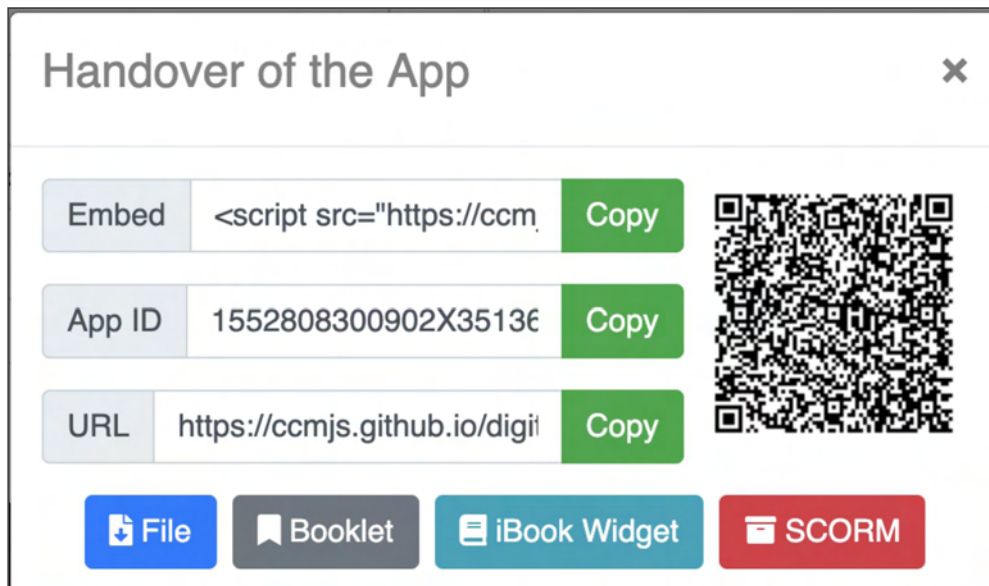


Abb. 1: Einbettungsalternativen für Apps

passende Konfiguration oder erstellen sich eine eigene speziell für ihre Zwecke. Zu jeder Komponente gibt es viele Beispielkonfigurationen (Demos), aus denen man sich ein geeignetes Beispiel heraus suchen kann. Über den Button „Create Similar App“ kann ausgehend von der gewählten Konfiguration durch wenige Editierschritte eine eigene App erstellt werden. Dazu wird eine Eingabemaske zur Verfügung gestellt. Jede Eingabemaske ist selbst wiederum eine App einer zugehörigen Erbauer (*engl. Builder*)-Komponente. So können Komponenten und Apps einen rekursiven Produktionskreislauf bilden. Um diese App in einer Webseite, in einem Learning Managementsystem (LMS), einem Wiki oder auf mobilen Endgeräten einzusetzen, stehen alternativ Embed Code, Hyperlink, App-ID, Datei-Download, Booklet, iBook Widget, SCORM und QR-Code zur Verfügung (siehe Abb. 1).

Das Ergebnis lässt sich überall einsetzen, wo Web-Technologie die Grundlage bildet, also auch in allen Content und Learning Management Systemen (CMS und LMS). Die Apps des Digital Makerspace sind plattformunabhängig universell einsetzbar und kombinierbar.

Content ist Lehr- und Lernmaterial wie z.B. Folien, Quiz, Lückentext, Übungsblatt. Eine Quiz-App besteht aus einer Quiz-Komponente, Quiz-Daten und Quiz-Metadaten. Die Quiz-Komponente ist Software. Die Quiz-Daten konfigurieren die Quiz-Komponente. Die Metadaten helfen bei der inhaltlichen Suche nach der App. Da zu der Webkomponente auch immer Software gehört, handelt es sich um verteilte Software.

Das WWW hat sich in den 30 Jahren seiner überaus erfolgreichen weltweiten Verbreitung aus einem Hypermedia-System zu einer Software-Distributionsplattform weiter entwickelt. Sowohl beim WWW als auch bei OER kommt es häufig zu einem Kategorienfehler, wenn man OER und iOER in einen Topf wirft. OER sind Medien. iOER ist verteilte Software. Für das erste benötigt man Konzepte der Medienwissenschaft, für das zweite Konzepte der Informatik. Mit dem kleinen "i" vor dem OER wechselt man also den Wissenschaftsbereich. Den Kategorienunterschied erkennt man auch an den Lizenz-Modellen: Creative Commons ist auf Software nicht anwendbar. Freie Software wird z.B. unter der MIT-Lizenz frei zugänglich und verwendbar. Für eine freie App muss man daher immer zwei Lizenzen angeben, z.B. Creative Commons und MIT-Lizenz. Mit dem Wechsel von OER zu iOER kommt es zu einem Paradigmenwechsel von Medien zu verteilter Software, der mit dem Digital Makerspace vollzogen werden konnte.

Ein weiterer Paradigmenwechsel ist der Schritt des WWW von einer *Read-Only*-Distributionsplattform für Hypermedia hin zu einer interaktiven, kollaborativen *Read & Write* - Arbeitsplattform zur Produktion von Hypermedia. Auch dieser Paradigmenwechsel konnte mit dem Digital Makerspace konsequent komponenten- und marktorientiert vollzogen werden, indem die Produktionsmittel ebenfalls als Komponenten ins Web gestellt wurden. Komponenten sind ein Zeichen der Reife einer Industrie und erlauben Spezialisierung, Arbeitsteiligkeit und Skalierbarkeit. Das Marktgeschehen sorgt für Wettbewerb, Chancenverteilung und Qualität.

Auf diesen grundlegenden technischen Innovationen aufbauend konnten zahlreiche innovative Lehr- und Lernszenarien realisiert werden, einerseits durch Dozierende und andererseits durch Studierende selbst:

- Apps in der Präsenzlehre: Dozenten projizieren einen QR-Code mittels Beamer und Studierende rufen die App mit ihrem Handy auf, z.B. für
 - Teambildung: Bildung kleiner studentischer Teams in großen Lehrveranstaltungen in Sekundenschnelle. Ebenso schnelle Umgestaltung und Teamwechsel.
 - Blitz-Umfrage: Ad-hoc-Umfrage und Anzeige der Ergebnisse mit Beamer.
 - Blitz-Bewertung: Ad-hoc-Abstimmung.
- Apps in der Online-Lehre: Quiz, Lückentext, Textaufgaben, Diagrammerstellung, Apps für interaktive Experimente, Apps für Team-Kollaboration.

- Apps in Übungsblättern: Die einzelnen Apps lassen sich zu größeren Apps kombinieren. Auf diese Weise lassen sich auch interaktive Übungsblätter leicht erstellen. Durch die Uniformität der technischen Grundlage lassen sich sowohl die einzelnen Apps als auch die Übungsblätter als aggregierte Apps einheitlich im Digital Makerspace verwalten und finden.
- Apps in LMS: Durch die Basierung auf WWW-Standards sind die Apps überall einbettbar und ablauffähig, wo das Web die technische Grundlage bildet. Dies ist in den meisten modernen LMS der Fall, z.B. ILIAS, Moodle, OLAT, OpenOLAT. Die Funktionalität der LMS wird mit den Apps erweitert, ohne die LMS selbst zu verändern. Diese Art der losen Kopplung erlaubt eine Parallelisierung und damit Beschleunigung in der Weiterentwicklung sowohl der LMS als auch der Apps.
- In der Struktur sind unsere DMS-Apps wesentlich flexibler als LMS-Bausteine: Während LMS-Bausteine nur der vom LMS vorgegebenen (meist hierarchischen) Struktur folgen, können DMS-Apps an beliebigen Stellen im Textfluss oder Content platziert werden und ihrerseits andere DMS-Apps beinhalten oder bei Interaktion aufrufen.
- Wenn man die gleiche App in unterschiedlichen LMS, CMS, mobilen Apps auf Smartphones oder in Webseiten einbettet, wird damit Zusammenarbeit über Systemgrenzen hinweg und damit "eingebettetes kollaboratives Arbeiten und Lernen" (Kless 2015) ermöglicht.
- Apps in Projektarbeit: Chat, Rating, Teambildung, Kanban-Board zur Aufgabenverteilung im Team, Charts zur Visualisierung des Projektfortschritts.
- Studentischer Makerspace: Studenten tragen selbst Apps zum DMS bei. In die Lehrveranstaltung wird dies als Arbeit in einem Labor und Wettbewerb um die beste App organisiert. Da der DMS selbst eine Komponente ist, wird er auch als Marktplatz für diesen Wettbewerb eingesetzt. Über Bewertungs- und Kommentierungsfunktionen (5 Sterne und Forum) werden die erstellten Apps verglichen, bewertet, diskutiert und gemeinsam grundlegende Erfolgsprinzipien herausgearbeitet.

Schließlich besteht die Lehrinnovation auch darin, dass das Konzept „Digital Makerspace“ als neues didaktisches Format entwickelt und umgesetzt wurde: In diesem Format konstruieren Studierende selbstständig neue Apps. Je nach Kompetenzniveau kann dies unterschiedlich geschehen: Studierende ohne Programmierkenntnisse füllen einfach die entsprechenden Web-Formulare der zugehörigen *Builder App* aus oder

kombinieren vorhandene Apps zu neuen aggregierten Apps. Studierende mit Programmierkenntnissen können darüber hinaus gehen und Konfigurationen für Apps im JSON-Format schreiben, Code vorhandener Komponenten anpassen oder gar gänzlich neue Komponenten implementieren und zum DMS hinzufügen.

Weitere Details zu den Lehrinnovationen sind in der Publikation (Kaul 2018) als *peer reviewed* Beitrag zur Konferenz „Interactive Collaborative Learning ICL 2018“ beschrieben und im Springer-Verlag veröffentlicht.

3. Zielerreichung

Mit dem Fellowship wurde ein wissenschaftlicher Mitarbeiter ein Jahr lang zur Hälfte finanziert. Der Mitarbeiter André Kless hat die Software für den Digital Makerspace erstellt und auf GitHub unter <https://github.com/ccmjs/digital-maker-space> der Web-Gesellschaft frei zur Verfügung gestellt. Die Lizenz für die Software ist die MIT-Lizenz, für den Content Creative Commons (CC-0) und erlaubt jede Form der Nutzung. Auf GitHub wird unter <https://ccmjs.github.io/digital-maker-space/> eine ablauffähige Version gehostet und kann von allen Webnutzern direkt aufgerufen werden. Alle User können dort unter zahlreichen Apps und Komponenten wählen, sich Demos anschauen, und ähnliche Apps erstellen. Der Zugang ist frei und unbeschränkt. Der DMS ist Teil des Webs. Jede Komponente im DMS erweitert das Web um zusätzliche Funktionalität, die immer und überall als neuer HTML-Tag zur Verfügung steht. Z.B. wird mit dem HTML-Tag `<ccm-quiz>` das Web um Quiz-Funktionalität erweitert. Die Einbettung von Apps kann grundsätzlich über acht verschiedene Wege erfolgen: über einen kleinen Einbettungscode ähnlich wie bei Youtube, oder als Hyperlink, über eine App-ID, mittels Datei-Download, als Booklet oder iBook Widget, als SCORM- oder QR-Code (Abb. 1). Während der Einbettungscode bei Youtube einen Player nur für Videos in einer Webseite installiert, handelt es sich beim DMS-Einbettungscode um Player für beliebige Webkomponenten. Der weit verbreitete Video-Player wurde damit zu einem universellen Komponenten-Player verallgemeinert.

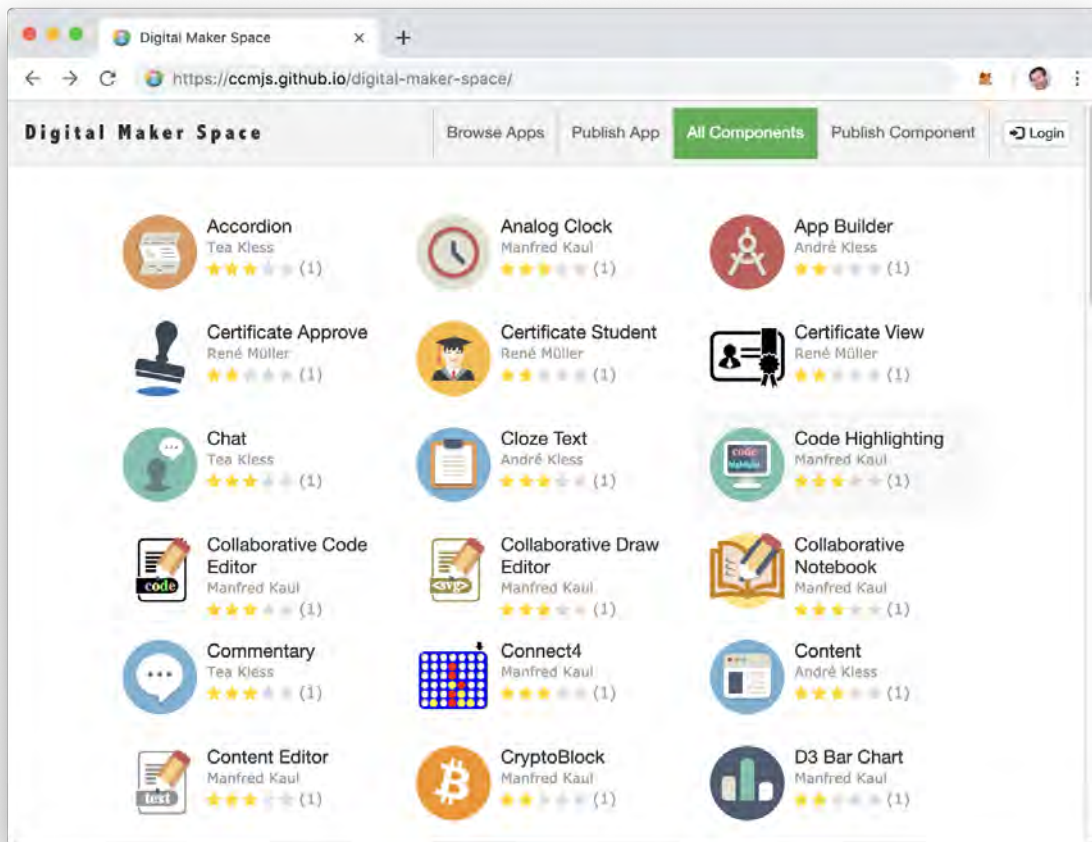


Abb. 2: Digital Makerspace

Da der DMS selbst konsequent als Komponente realisiert wurde, ist ein Hosting auch auf allen anderen Webservern leicht möglich. Die Entscheidung, ob ein Digital Makerspace frei oder geschlossen ist, bleibt der Server-Konfiguration überlassen. Falls gewünscht können Hochschulen die Nutzung und Verbreitung der eigenen Apps also durchaus auf ihr hauseigenes Intranet beschränken. Die Realisierung des Digital Makerspace als Komponente hat auch den Vorteil, dass man DMS-Instanzen für spezielle Zwecke einsetzen kann: Der Einsatz vieler unterschiedlicher DMS-Instanzen für Spezialgebiete wird bereits von Studierenden im Rahmen von Abschlussarbeiten praktiziert: Das praktische Ergebnis einer Abschlussarbeit wird als Spezial-DMS abgeliefert. Zum Zeitpunkt dieses Berichtes enthält der auf GitHub gehostete DMS (siehe Abb. 2) folgende 72 Komponenten, die ihrerseits alle unter MIT-Lizenz stehen:

- Accordion
- Analog Clock
- App Builder
- Certificate Approve
- Certificate Student
- Certificate View
- Chat
- Cloze Text
- Code Highlighting
- Collaborative Code Editor
- Collaborative Draw Editor
- Collaborative Notebook
- Commentary
- Connect4
- Content
- Content Editor
- CryptoBlock
- D3 Bar Chart
- Difference Chart
- Digital Clock
- Even Odd Chooser
- Exercise
- Fast Poll
- Faucet
- Feedback
- File Upload
- Fine Uploader
- Fix JSON
- Highchart
- Histogram
- html2json Editor
- html_template
- Kanban Board
- Kanban Card
- Listing
- Live Poll
- Lottery
- Mark Words
- Markdown In-place Editor
- Markdown Preview
- Menü
- News
- Notary
- Paper Generator
- Parkhaus
- PDF Viewer
- Plotly Charts
- Progress Bar
- Quick Decision
- Quiz
- Radar Chart
- RegEx
- Slidecast
- Star Rating
- Star Rating Result
- Submit
- Table
- tagcloud
- Team Building
- Tetris
- Texteditor
- Thumb Rating
- Toast
- TreeContent
- UML Diagrams
- Upload
- User
- Voting
- WebGL
- Wikipedia Search
- Youtube

Zu jeder Komponente gibt es im DMS viele Informationen und Werkzeuge unter den Rubriken "Details, Description, Rating, Discussion, Demo, Create App", die dort nachgelesen werden können. Die Apps, die mit diesen Komponenten gebildet werden, haben folgende wichtige Eigenschaften:

- universell einbettbar
 - alle LMS, CMS auf Webbasis
 - Webseiten
 - Smartphone Apps auf Webbasis
 - unabhängig vom DMS
- modular
 - austauschbar
 - wiederverwendbar
 - komponierbar
- web-basiert:
 - adressierbar: Jeder Content hat seine eigene URL
 - offen: Über die URL kann die App jederzeit geladen und im Browser angezeigt werden
 - medientyp-universell
 - dezentral

- skalierbar
- plattformunabhängig (Desktop, Mobil, iOS, Android, etc)
- wartbar
- erweiterbar
- durchsuchbar
- interaktiv
- kollaborativ

Die Alleinstellungsmerkmale (Unique Selling Propositions, USPs) des DMS sind:

- Komponierbarkeit: Die einzelnen Komponenten lassen sich nach dem Lego-Prinzip zu größeren Komponenten aggregieren. Dies kann z.B. im

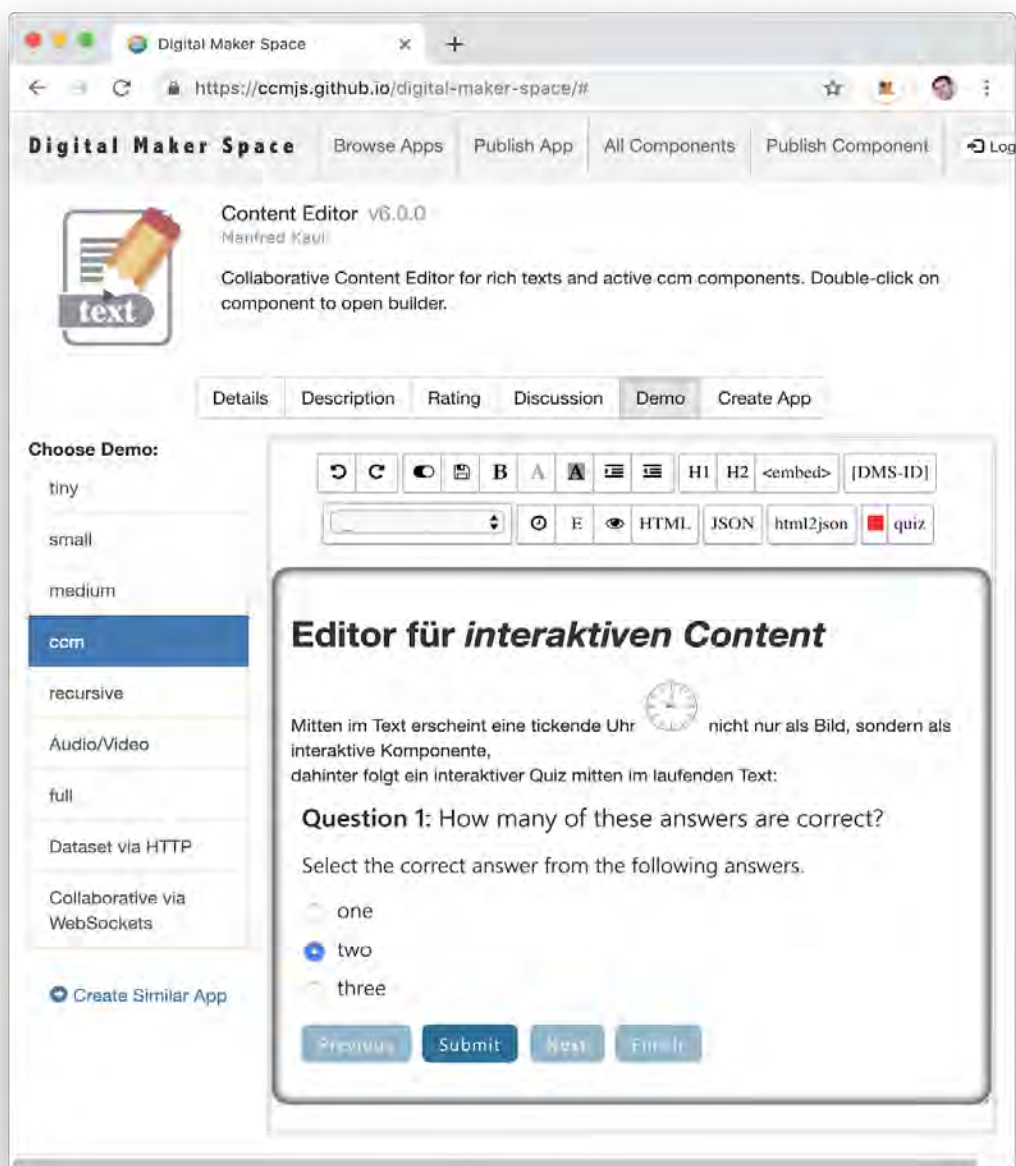


Abb. 3: Editor für interaktiven Content im DMS

Content Editor des DMS erfolgen (siehe Abb. 3). Darin können nicht nur Texte wie in Word eingegeben und formatiert werden, sondern auch interaktive und kollaborative Apps des DMS. Diese werden zu Bestandteilen des eingegebenen Textes. Sie können genauso wie Buchstaben eingefügt, positioniert und gelöscht werden. Durch einen Doppel-Klick öffnet sich ein Konfigurationseditor oder Builder App, mit denen man die eingebetteten Apps nach eigenen Wünschen anpassen kann. So lassen sich leicht interaktive Aufgabenblätter erstellen. Alternativ kann der grafische Editor (Abb. 4) genutzt werden.

- Apps und Builder Apps: Zu allen Apps gibt es die passenden Builder Apps, mit denen sich vorhandene Apps konfigurieren und ähnliche Apps neu erstellen lassen.

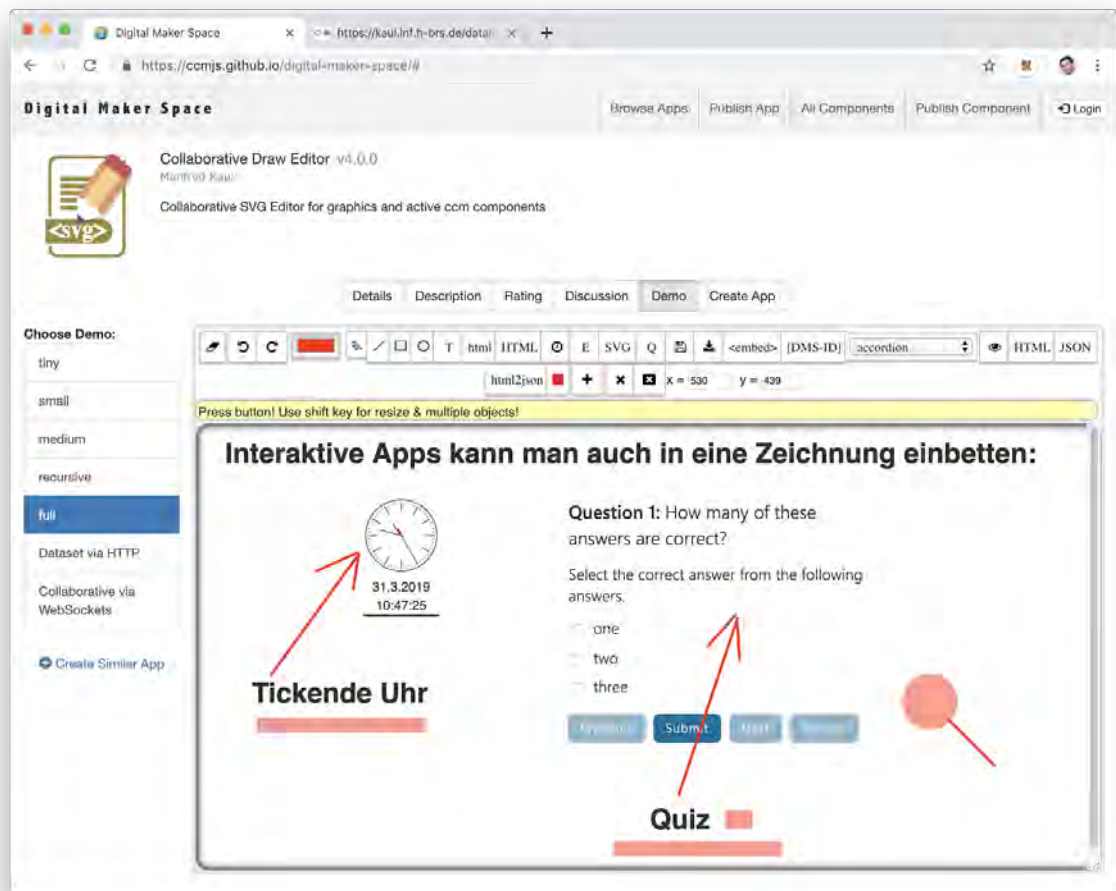


Abb. 4: Grafischer Editor für interaktiven Content im DMS

- Multi-Builder-Setup: Zum Bau neuer Apps können beliebig viele Builder Apps zugeordnet werden, so dass auch die Produktion von Apps flexibel und kundenorientiert gestaltet werden kann. In LMS steht für die Erstellung von Quiz meist nur eine feste Eingabemaskenfolge zur Verfügung, die für alle Anwendungsfälle geeignet sein muss. Daher fällt diese meist zu generisch aus und erfordert zu viele Entscheidungen und Klicks auch bei den einfachsten Anwendungsfällen, was leider allzu häufig in Mausarm-Schmerzen mündet. Eingaben werden unnötig kompliziert und Schulungen werden erforderlich. Dieses Problem löst der DMS durch Multi-Builder-Setup: Jeder App können beliebig viele maßgeschneiderte Builder zugeordnet werden. Da Builder selbst wiederum Apps sind, können sie ebenso wie diese an geeigneten Stellen kundenorientiert eingebettet werden, so dass Autorinnen und Autoren nicht einmal die Webseite oder ihre Smartphone App wechseln müssen, um ihre Daten einzugeben.
- Lose Kopplung: Jede einzelne Komponente funktioniert isoliert, kann aber mit anderen Komponenten zusammen geschaltet werden. Dies geschieht über standardisierte Interfaces, die einen Austausch von Daten und Triggern von Events erlauben. Das Konzept vereint beide Vorteile, die Isolierung jeder einzelnen Komponente und die Kombinierbarkeit mit anderen Komponenten.
- Plattformunabhängigkeit: Basis sind die Browser-Standards, die vom W3C weltweit vereinheitlicht werden. Daher laufen alle DMS-Apps unabhängig von Plattformen (LMS, CMS, Wiki, Smartphone Apps...), solange die Plattform webbasiert ist.
- Langlebigkeit und Archivierbarkeit: Jede App ist versioniert, kennt ihre Abhängigkeiten und ist zusammen mit den versionierten Sub-Ressourcen ablauffähig. Wenn neue Versionen der zugrundeliegende Frameworks erscheinen, muss die App nicht ständig angepasst werden. Sogar auf der gleichen Webseite können unterschiedliche Versionen der gleichen Komponente ungestört nebeneinander ablaufen. Mit der Archivierung der Komponente bleibt die Software aufgrund der durch das W3C garantierten langfristigen Rückwärtskompatibilität der Webplattform dauerhaft ablauffähig.
- Daten-Orientierung: Content wird als Daten gespeichert. Abhängigkeiten, Konfigurationen und Metadaten sind Daten im JSON-Format und als solche

vielfältig persistier- und kommunizierbar. Insbesondere die uniforme Archivierung in Datenbanken wird dadurch ermöglicht.

- Metadaten: Autor, Lizenzen und Schlagworte sind Metadaten, die den Inhalt so beschreiben, dass Apps über Suchfunktionen auffindbar sind.
- Radikale Browser-Orientierung ("client only"): Die eingesetzte Technologie stützt sich alleine auf WWW-Browser und W3C Recommendations. Serverseitige Technologie ist minimal und austauschbar.
- Konsequenz freies Web statt geschlossener App Stores: Das DMS-Konzept setzt konsequent auf freie Web-Technologie und globale Erreichbarkeit ohne Software-Installationsvorgang. Software wird stattdessen implizit mit den Webseiten ausgeliefert. Die aufkommenden Progressive Web Apps (PWA) werden in der Zukunft den Abstand zu Native Apps aus geschlossenen App Stores weiter verringern.

Auf dieser technischen Grundlage wird die Skalierbarkeit der Zusammenarbeit in der Produktion von iOER gefördert. Nach Hararis Bestseller "Homo Deus" (Harari 2018) war der entscheidende evolutionäre Vorteil des Menschen nicht die Erlangung von Bewusstsein, sondern die Fähigkeit der Zusammenarbeit sehr vieler Menschen (Nationen statt Stämme) und der daraus resultierende Netzwerkeffekt. Der Digital Makerspace erlaubt genau diese Art des Netzwerkeffekts bei der Produktion von iOER: Weltweit können DMS-Apps gefunden, wiederverwendet, übersetzt, den eigenen Wünschen gemäß angepasst oder völlig neu erstellt werden. Dabei müssen die partizipierenden Autoren durchaus nicht alle Programmierer sein. Für die Programmiererwelt kam es in den letzten fünf Jahren zur Emergenz des Netzwerkeffekts durch das Aufkommen von GitHub und Stackoverflow (Dash 2018). Passenden Programmcode zu finden, miteinander zu teilen, gemeinsam zu erstellen, Bugs zu beseitigen, Fragen zu klären und sich in neue Technologie einzuarbeiten, wurde durch den GitHub-Stackoverflow-Netzwerkeffekt extrem vereinfacht. Allerdings erfordert die Teilnahme an diesem Netzwerk gute bis sehr gute Programmierkenntnisse. Der Digital Makerspace geht daher einen Schritt weiter zur Komponentenorientierung: Man programmiert nicht mehr alles selbst, sondern verwendet so viel wie möglich vorhandene Komponenten wieder (Reuse), konfiguriert diese entsprechend der eigenen Bedürfnisse und setzt sie in völlig neuer Weise nach dem Lego-Prinzip zusammen. Damit ermöglicht der Digital Makerspace den

Netzwerkeffekt auf der nächsthöheren Ebene, der Komponentenebene und schließt mehr Menschen als potenzielle Autoren mit ein: Programmierkenntnisse sind nicht länger Voraussetzung.

Darüber hinaus wurde gegen Ende des Fellowship der Digital Makerspace mit den Komponenten Faucet, Notary, Lottery, Certificate Approval, Certificate Student, Certificate View um ein Bezahl- und Beglaubigungssystem basierend auf Blockchain-Technologie erweitert. Damit wurde die Grundlage für eine Marktwirtschaft mit LearningApps und Weiterbildungseinheiten unterschiedlicher Granularität geschaffen. Z.B. kann die Entwicklung neuer Komponenten und Apps über Crowdfunding erfolgen (Müller 2019). Über Blockchain-Einträge können alle Leistungen im DMS unveränderbar protokolliert werden. Über Smart Contracts in der Blockchain kann vertraglich eine Leistung unter festgelegten Bedingungen unveränderlich vereinbart werden. Diese Blockchain-Funktionalität eignet sich nicht nur für die Beauftragung, Erstellung und Bezahlung von Apps, sondern auch für Prüfungsleistungen, Nano Degrees, Badges und Zertifikate. Die Beglaubigung von Leistungen kann beliebig kleinteilig erfolgen. Die Aggregation zu einem Gesamtbild kann durch Portfolios geleistet werden: Darin können Studierende ihre Leistungen fälschungssicher nachweisen.

4. Lessons Learnt

Auf drei verschiedenen Ebenen waren Lektionen zu lernen:

- technisch
- didaktisch
- gesellschaftlich / digitalpolitisch

Auf der technischen Ebene war die wichtigste Lektion „Der Browser kann fast alles“ (engl. „*Use the Platform*“, Google 2017). Mit fortschreitender Entwicklung der Browser muss man als Entwickler immer weniger selber leisten. Immer mehr Funktionalität steht bereits mit dem Browser zur Verfügung. Die Web-Browser durchlaufen eine rasante Weiterentwicklung: Chrome ist im Jahre 2019 bereits in der Version 72, Safari Release 77, Firefox in der Version 66. Die Programmiersprache der Browser, ECMAScript, bekommt jedes Jahr ein Update. Alleine 2015 wurden in ECMAScript 22 neue Features eingeführt. Dahinter steckt eine massive Aufrüstung der Browser als technischen Plattform, so dass die Software, die darauf läuft, immer weniger selbst leisten muss. Als

Konsequenz daraus sind JavaScript-Frameworks schnell veraltet. So setzt z.B. h5p, welches im Jahre 2013 erschienen ist, auf das damals populäre jQuery-Framework, das noch für einen globalen Namensraum geschrieben war. Mittlerweile gibt es Webkomponenten und geschachtelte Namensräume, für die jQuery nicht mehr geeignet ist. Dadurch sind jQuery und h5p nicht mehr aktuell. Neue Investitionen in Web-Technologie sind immer wieder erforderlich und der Digital Makerspace ist hierfür ein Beitrag. Mit dem Web erreicht man heute über 3 Milliarden Menschen, weshalb sich Investitionen in diese Technologie gesellschaftlich lohnen.

Auf der didaktischen Ebene wurde deutlich, dass das Lego-Prinzip der Realisierung didaktischer Szenarien durch das Zusammensetzen von Bausteinen hervorragend für die Umsetzung und Gestaltung didaktischer Ideen geeignet ist und Vielfalt fördert. Die Freiheit und Flexibilität des Lego-Prinzips gibt Didaktikern vielfältige Gestaltungsspielräume sowohl in der Präsenzlehre als auch online.

Das didaktische Prinzip des Konstruktivismus besagt, dass Studierende selber aktiv eine individuelle Repräsentation des Wissensgebietes konstruieren müssen, um zu effektiv lernen. Passive digitale Container wie Texte und Videos alleine reichen dafür nicht und verleiten eher zu einer passiven Konsumhaltung: Studierende schauen sich lieber das dritte Erklärvideo an, als die Aufgabe selber zu rechnen. Interaktive Materialien, also iOER, und kollaborative Werkzeuge sind die Lösung. Mit dem Digital Makerspace wird der didaktische Paradigmenwechsel von passivem zu aktivem Lehrmaterial und kollaborativem Arbeiten und Lernen vollzogen.

Digitale Teamarbeit muss eingeübt und gefördert werden. Dazu benötigen wir kollaborative Lernszenarien. Diese werden durch Komponenten wie Chat, Forum, Teambildung, Kanban-Board oder kollaborative Editoren im Digital Makerspace umfassend unterstützt. Mit dem Digital Makerspace wird damit auch der didaktische Paradigmenwechsel von individuellem zu kollaborativem Lernen in Teams vollzogen.

Digitalität ist selbstverständlich in der heutigen Arbeitswelt. Darauf müssen wir unsere Studierenden vorbereiten. Das selbstständige konstruktive Arbeiten, Lernen, Editieren und Produzieren im Digital Makerspace ist dafür eine fundierte und vielseitige Vorbereitung.

Digitalisierung der Lehre und des Lernens ist eine große Aufgabe, die niemand alleine stemmen kann. Daher sind kollaborative Ansätze auch für Lehrende erforderlich. Die Erstellung der LearningApps, der digitalen Übungsblätter und Module wird auf allen Granularitätsstufen auf viele Schultern verteilt. Auch Studierende können und sollen in

den Prozess der Produktion von Apps mit einbezogen werden. Durch die Einheitlichkeit der DMS-Prinzipien sind die Austausch-, Interaktions- und Kollaborationsmechanismen auf allen Granularitätsstufen identisch. Mit unserem Digital Makerspace realisieren wir das Lego-Prinzip auch für Interaktion und Kollaboration. Große Lösungen lassen sich damit aus vielen kleinen Bausteinen zusammensetzen. Ein Lego-Baustein ist keine Einzellösung, sondern hilft in vielen Disziplinen und Anwendungsszenarien.

Open Educational Resources (OER) sind frei verfügbare Medien, die üblicherweise unter einer Creative Commons-(CC)-Lizenz veröffentlicht werden. Als Medien werden sie von Medienwissenschaftlern untersucht. Der Weg von OER zu iOER ist scheinbar ein kleiner: Es wird nur ein kleines „i“ vorangestellt. In Wahrheit verbirgt sich dahinter ein gewaltiger Sprung von passiven Medien hin zu interaktiver, kollaborativer, verteilter Software, wie sie in der Wissenschaft der Informatik untersucht wird. Die Creative Commons-Lizenzen sind hierauf nicht mehr anwendbar. Stattdessen sind die freien Lizenzen MIT, GPL, LGPL, Apache, BSD, usw. für freie Software üblich. Vermischt man OER und iOER, ergibt sich wie schon beschrieben allzu leicht ein Kategorienfehler.

Auf der gesellschaftlichen Ebene sind zunächst die netzpolitischen Entwicklungen zu reflektieren: In der Zeit des Fellowships kam der Aufruf des Erfinders des WWW und Vorsitzende des W3C, Tim Berners-Lee, sich gegen die Zentralisierung der Daten und der Macht im Web zu stemmen und dezentrale Lösungen zu stärken, denn die digitale Souveränität nicht nur von Einzelpersonen, sondern ganzer Nationen und Gesellschaften ist akut in Gefahr. Dem gilt es durch dezentrale freie Lösungen entgegen zu steuern. Hierfür leistet der Digital Makerspace einen wichtigen Beitrag.

Als weitere Lektion war zu lernen, dass wir uns mit dem Konzept des Digital Makerspace an politischen Diskussionen beteiligen können und müssen: Die politischen Parteien in Deutschland versuchen derzeit, eigene Visionen für Weiterbildung und deren Plattform zu entwickeln. Hervorstechendes Konzept ist dabei MILLA (MILLA 2018 und Kerres 2018) als umfassende zentrale staatliche Plattform, die bis zu 3 Milliarden Euro kosten könnte, auf der jeder Bürger Weiterbildungspunkte erwerben können soll. Ein derartiger zentraler staatlicher Ansatz verstößt in vielen Punkten gegen das grundlegende politische Verständnis unseres Bildungssystems und unserer Demokratie und erinnert eher an das Sozialpunktesystem der chinesischen Regierung: sicherlich effektiv, aber wenig demokratisch. Offenbar besteht die Gefahr selbst bei etablierten politischen Kräften, dass bei der Gestaltung des digitalen Raums wichtige

Grundprinzipien unseres Bildungssystems und unserer Demokratie vergessen werden. Daher möchten wir unser Konzept des Digital Makerspace auch als Beitrag zur Diskussion über die Gestaltung des digitalen Raums verstanden wissen. Im Digital Makerspace wirken Kräfte eines freien Marktes, der gleichzeitig über staatliche Regulierungen sozial gerecht bleiben kann: Eine soziale Marktwirtschaft ist auch im digitalen Raum möglich und die Gesellschaft steht an einem Punkt, an dem sie die Gestaltung des digitalen Raums noch in der Hand hat, wenn sie solche Markt- und Demokratie-orientierten Konzepte wie den Digital Makerspace ernst nimmt.

Für eine Marktwirtschaft sind Bezahlssysteme notwendig. Daher wurde der Digital Makerspace um eine digitale Währung basierend auf Blockchain-Technologie erweitert (Müller 2019). Auf dieser Basis können im Digital Makerspace die Grundlagen für eine soziale Marktwirtschaft für Weiterbildung, Lernkomponenten, LearningApps bis hin zu kompletten Lehrgängen gelegt werden. Über Crowdfunding kann die Entwicklung von Wunschkomponenten finanziert werden. Ein mögliches Szenario wäre, dass Dozenten als staatliche Förderung zur Digitalisierung jeweils 1000 DigiCoins erhalten und damit die Entwicklung ihrer Wunschkomponenten finanzieren. Auf der anderen Seite bekommen alle Bürger als staatliche Förderung zur Weiterbildung 100 DigiCoins und können damit ihre Kursgebühren finanzieren. Dozenten suchen im DMS nach Komponenten, die sie für ihren Unterricht benötigen. Wenn sie ähnliche Komponenten finden, die nur einer geringen Anpassung bedürfen, so können sie dies selbst über "Create Similar App" einfach erreichen. Wenn sie nichts derartiges finden, so geben sie in einer Ideenbörse ihren Wunsch bekannt und bieten einen Teil ihrer Coins. Andere Dozenten, die etwas ähnliches benötigen, können sich dem anschließen und ebenfalls DigiCoins anbieten, an dieser Stelle platzieren und investieren. Entwickler, Designer, 3D-Modeler, etc. können sich DigiCoins verdienen, indem sie den Wunsch realisieren und eine Komponente bauen, die sie in den DMS als Realisierung stellen. Die Realisierung wird also in den DMS gestellt und steht anschließend allen frei zur Verfügung. Durch die Öffentlichkeit aller Lernkomponenten im WWW steigt der digitale Wohlstand von uns allen kontinuierlich an. Die entwickelten Lernkomponenten werden mit der Zeit immer mächtiger und können alle Bedarfe im digitalen Raum, insbesondere in der Weiterbildung decken. Dozenten werden zunehmend ermächtigt, immer anspruchsvollere interaktive und kollaborative Lernkomponenten zu entwickeln, die anschließend der Allgemeinheit für die nächsten Projekte zur Verfügung stehen. Das digitale Gemeingut wächst an Umfang und Qualität (Stiftung Neue Verantwortung

2017). Marktkräfte sorgen dafür, dass das digitale Geld an die Stellen fließt, wo der größte Bedarf oder die besten Angebote sind. Darüber hinaus können staatliche Gelder gezielt Projekte fördern, die im Interesse des Gemeinwohls sind. Auf diese Weise entsteht eine Art sozialer Marktwirtschaft im digitalen Raum. Nach F.J. Radermacher ist für das ökologische Überleben des Planeten eine De-Materialisierung des Wohlstands erforderlich (Radermacher 2011). Gleichzeitig mit dem Verzicht auf den Verbrauch physischer Ressourcen muss die digitale Wirtschaft und der digitale Wohlstand wachsen. Digitales Gemeingut sind einerseits Web-Ressourcen, andererseits OER, die im Digital Makerspace als Webkomponenten und als iOER zu einer konsistenten Lösung zusammengeführt werden (siehe Abb. 5).

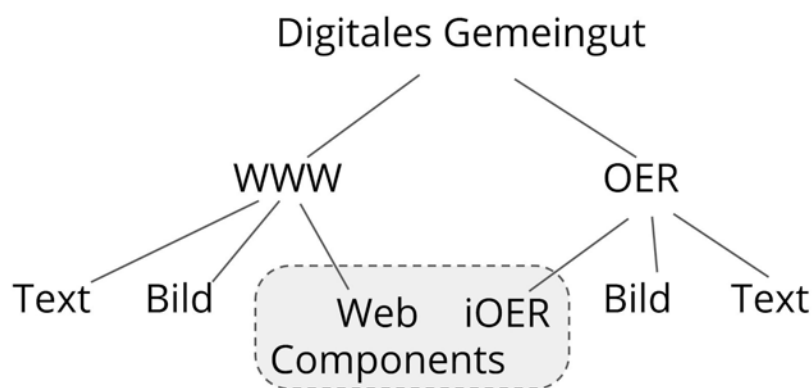


Abb. 5: Webkomponenten und iOER als digitales Gemeingut (Kaul 2018)

Als weitere Lektion war zu lernen, dass es ein großes Interesse an dem Vergleich des Digital Makerspaces zu anderen Ansätzen gibt. Neben unserer Eigenentwicklung hat auch h5p an Beliebtheit gewonnen und es wird häufig die Frage nach einem Vergleich gestellt (Abb. 6). h5p hat mit unserem Ansatz viele Gemeinsamkeiten, aber es

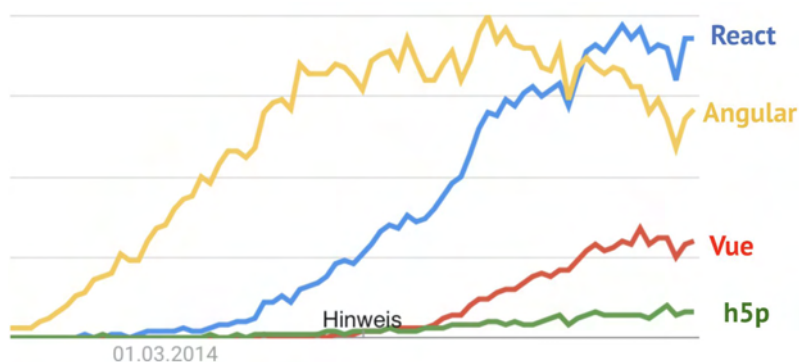


Abb 6: Die Popularität von Web-Komponenten übersteigt die von h5p

gibt auch Unterschiede. Gemeinsam ist die Orientierung am WWW und HTML5 als technologische Basis. h5p ist ebenso wie der DMS eine HTML5-Technologie. Dennoch wird bei h5p eine engere Kopplung in die LMS angestrebt. Wir glauben jedoch, dass losere Kopplungen zu bevorzugen sind, um Abhängigkeiten zu vermeiden. h5p basiert noch auf jQuery. jQuery war zum Zeitpunkt der Entstehung von h5p das führende JavaScript-Framework. Das ist heute nicht mehr der Fall. jQuery ist durch Web-Komponenten abgelöst worden. Mit unserem DMS haben wir von Anfang an auf Web-Komponenten gesetzt und vertreten dadurch verglichen mit h5p den moderneren Ansatz.

Ein anderer ähnlicher Ansatz ist ELMS LRN web components <https://github.com/elmsln/lrnwebcomponents/>. Dieser beruht jedoch noch auf dem Polymer-Framework von Google, das mittlerweile von *LitElement* abgelöst wurde und nicht weiter entwickelt wird. Ein generelles Problem aller Framework-Abhängigkeiten ist, dass bei einem Update die Eigenentwicklungen ebenfalls einem Update unterzogen werden müssen, um weiter lauffähig zu sein. Dies ist beim Digital Makerspace nicht der Fall. Jede Komponente kennt ihre eigene Version und die der jeweiligen Frameworks. Dadurch ist sie jederzeit in der gleichen Konfiguration ablauffähig. Sogar in der gleichen Webseite können unterschiedliche Versionen der gleichen DMS-Komponente störungsfrei nebeneinander ablaufen.

Mit learningapps.org steht schließlich seit 2010 ein Erfolgsmodell für LMS-unabhängige Lernkomponenten zur Verfügung, das durch einen Verein finanziert wird (<http://verein.learningapps.org/>). Gemäß eigener Zahlen des Vereins verfügt die Plattform aktuell über 4.590.000 erstellte Apps, 3.640.000 Benutzerkonten, dazu kommen 4.680 neue Konten pro Tag und 6.700 neu erstellte Apps pro Tag. Damit beweist learningapps.org beeindruckend die Tragfähigkeit des Ansatzes LMS-unabhängiger Lernkomponenten, den wir auch mit dem Digital Makerspace verfolgen. Gleichzeitig beruht der Ansatz auf der Web-Technologie von 2010, nämlich iFrames. Solche sind zwar in Webseiten einbettbar, jedoch völlig isoliert. Sie sind weder steuerbar noch mit anderen Komponenten kombinierbar. Dies ist nicht mehr der aktuelle Stand der Technik. Es sollte unbedingt eine Erneuerung der Investitionen in LMS-unabhängige Lernkomponenten stattfinden. Dies findet durch den Digital Makerspace auch bereits statt.

5. Verstetigung

Mit *Digital Makerspaces* wurde ein neuer Weg aufgezeigt, "*Interactive Open Educational Resources*" (iOER)-Produktion zu vereinfachen, auf viele Schultern zu verteilen und die Studierenden selbst systematisch in die Produktion zu ihrem eigenen Vorteil mit einzubeziehen. Der Zugang zu iOER-Produktionsmitteln wurde mit dem DMS vereinfacht und demokratisiert. Der Digital Makerspace steht über das Ende des Fellowship hinaus im WWW frei zur Verfügung und wird im Rahmen von Abschlussarbeiten und neuen Projekten weiterentwickelt.

Der Digital Makerspace ist eine Investition in das WWW. Das WWW stellt ein offenes, dezentrales, evolutionäres, standardisiertes und für alle Menschen frei zugängliches und gerechtes System dar. Als solches hat es sich als Infrastruktur für eine faire Internet-Ökonomie bewährt, in der alle Teilnehmer zumindest zu Beginn eine etwa gleiche Chance bekommen. Es ist eine gesellschaftliche Aufgabe, für eine faire und gerechte digitale Infrastruktur zu sorgen und deren Fairness und Gerechtigkeit zu bewahren und zu fördern. Diese gerät durch kommerziell ausgerichtete Interessen immer wieder unter Druck. Die Gesellschaft muss mit geeigneter Infrastruktur und wirksamen Mechanismen gegensteuern. Mit dem DMS legen wir dazu ein entsprechendes Angebot vor.

Den zentralen Digitalisierungsangeboten amerikanischer Großkonzerne wurde mit dem DMS eine dezentrale, marktorientierte, demokratische Alternative auf Basis freier Software gegenübergestellt. Der Digital Makerspace als Infrastruktur eignet sich auch als Beitrag zur Bewahrung und Entwicklung digitaler Souveränität (Markl 2018). Zur Verstetigung der Sicherstellung nationaler digitaler Souveränität sind jedoch entsprechende Investitionen erforderlich. Da es um die Frage der Demokratie im digitalen Raum geht, sollten der Gesellschaft diese Investitionen durchaus wert sein.

Im postdigitalen Zeitalter (Fawn 2019) geht es um Netzwerkeffekte, die möglichst viele Menschen mit einbezieht. Das offene Web erreicht heutzutage mehr als 3 Milliarden Menschen und ist die beste Grundlage für die Verstetigung von LearningApps, besser als geschlossene Räume wie die der LMS. "*The Web is the biggest software platform that is not owned*" (Dash 2018). Die Verstetigung der frei zugänglichen Komponenten und Apps im Digital Makerspace wird dadurch gewährleistet, dass sie für

alle Menschen frei zugänglich, wiederverwendbar, konfigurierbar, anpassbar und immer wieder neu kombinierbar sind und Qualität durch den Netzwerkeffekt steigt.

Die Verstetigungsfrage ist eng verknüpft mit der Finanzierungsfrage. Sicher sind weitere Startup-Unterstützungen zu Beginn erforderlich. Langfristig können aber die im letzten Kapitel beschriebenen Lösungen auf Basis von Blockchain-Technologie zu neuen Wirtschaftskreisläufen führen und zum digitalen Wohlstand der Gesellschaft beitragen. Dazu muss die Gesellschaft für eine entsprechende Infrastruktur sorgen und in diese hinreichend investieren.

6. Übertragbarkeit

Der Digital Makerspace wird bereits in der Informatik, in BWL und im Sprachenlernen eingesetzt, ist jedoch nicht darauf beschränkt. Die Konzepte, Komponenten und Apps können problemlos auf alle Fächer und alle Bildungseinrichtungen übertragen werden. Quiz, Lückentext, Textaufgaben, Aufgaben mit Diagrammen sind in allen Fächern auf allen Bildungsstufen relevant. Projektorientierter Unterricht wird mit Projektwerkzeugen wie Teambildung, Chat und Kanban Board unabhängig vom Fachgebiet unterstützt und ist damit auf alle Fächer übertragbar.

Die Vielfalt und die exponentiell wachsende Menge digitaler Gestaltungsmöglichkeiten, die aus technologischen Fortschritten erwachsen, werden mit dem Digital Makerspace auf eine solide Grundlage gestellt: Durch das Lego-Prinzip bleibt der DMS nicht bei Einzellösungen stehen, sondern fördert die Kombinierbarkeit und Übertragbarkeit in neue Kontexte. Durch die konsequente Webkomponenten-Orientierung sind alle Bausteine als freie Web-Ressource adressierbar, universell einbettbar und vielfältig auf andere Fachgebiete und Anwendungsbereiche übertragbar.

Außerdem wurde die Übertragbarkeit, Anwendungsbreite und Nachhaltigkeit durch Plattform-Unabhängigkeit und Standard-Basierung deutlich gesteigert. Heterogene Learning Management Systeme (LMS) stellten bisher in Partnerhochschulen eine deutliche Hürde zur grenzübergreifenden Kooperation dar. Hochschulübergreifendes E-Learning benötigt eine größere Plattform, als dies LMS sein könnten. Mit unserer Lösung der Webkomponenten wurden Hochschul- und LMS-übergreifende digitale Lehr-/Lernmittel ermöglicht, die in allen LMS übertragbar sind.

Mit dem Digital Makerspace wurde keine neue Plattform geschaffen, sondern digitale Produktionsmittel in das WWW gestellt, die auf alle LMS übertragbar sind und die allen LMS zugute kommen. Sie sind jedoch nicht auf LMS beschränkt, sondern auch auf beliebige Webseiten, CMS und mobile Endgeräte ebenso übertragbar. Durch die Uniformität des Komponentenansatzes gilt die Übertragbarkeit nicht nur für einzelne Apps, sondern auch für deren Produktionsmittel und größere, zusammengesetzte interaktive Übungsblätter bis hin zu CourseApps und umfassenden Progressive Web Apps.

Im postdigitalen Zeitalter kommt der Übertragbarkeit eine besondere Bedeutung zu. Dadurch dass LearningApps universell übertragbar und einbettbar sind, können sie in mehr Anwendungsfelder eingesetzt werden und mehr Menschen erreichen, die wiederum mehr LearningApps nutzen, anpassen oder neu beitragen, was insgesamt zu einem sich selbst verstärkenden Netzwerkeffekt führt (Fawns 2019).

Zusammenfassend: Der Digital Makerspace ist als grundlegender und universeller Beitrag zur Gestaltung des digitalen Raums auf nahezu alle Anwendungsfelder übertragbar. Er eignet sich als dezentrale Infrastruktur im WWW zur Entwicklung digitaler Souveränität, digitalen Gemeinguts und Wohlstands, den die Gesellschaft gleichzeitig mit dem Verzicht auf den Verbrauch physischer Ressourcen aufbauen kann und sollte (Radermacher 2011).

7. Referenzen

- Andreessen, M., 2011: "Why Software Is Eating The World", in: The Wall Street Journal.
- Andreessen, M., 2016: "Now, Software Is Programming The World", in: www.forbes.com, <https://www.forbes.com/sites/roberthof/2016/07/12/marc-andreessen-now-software-is-programming-the-world/> .
- Dash, A.; 2018: What if JavaScript Wins? in: Medium, Software Engineering; <https://medium.com/@anildash/what-if-javascript-wins-84898e5341a> .
- Digital Makerspace Repo; 2019: <https://github.com/ccmjs/digital-maker-space> .
- Digital Makerspace Server; 2019: <https://ccmjs.github.io/digital-maker-space> .
- Fawns, T.; 2019: Postdigital Education in Design and Practice; in J. of Postdigital Science and Education; <https://link.springer.com/article/10.1007/s42438-018-0021-8> .
- Google; 2017: Polymer Summit, Kopenhagen; <https://summit.polymer-project.org> .
- Harari, Y.N.; 2018: Homo Deus: Eine Geschichte von Morgen; C.H.Beck-Verlag.

- Kaul, M.; Kless, A.; Bonne, T.; Rieke, A.; 2017: Game Changer for Online Learning Driven by Advances in Web Technology; in: Proc. E-Learning 2017, Multi Conference on Computer Science and Information systems (MCCSIS), Accepted Full Paper (peer reviewed), Lisboa, Portugal, 20 – 22 July, 2017, online unter <https://eric.ed.gov/?id=ED579383> .
- Kaul, M.; 2018; Student Activation in iOER Makerspaces, in: Auer, M.E., Tsiatsos, T. (eds.): The Challenges of the Digital Transformation in Education - Proceedings of the 21st International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2018) - Volume 2, Springer, Berlin, Heidelberg, online 2019 als Springer-Link https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-11932-4_4 .
- Kerres, M.; 2018: Endlich!? - Die digitale Weiterbildungsplattform MILLA - eine Stellungnahme; Blog; DIE; Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen.
- Kless, A.; 2015: Eingebettetes kollaboratives E-Learning; Master Thesis, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Fachbereich Informatik.
- LearningApps.org; 2017: <https://learningapps.org/> .
- Maker_Spaces.com; 2017: <https://www.makerspaces.com/what-is-a-MakerSpace/> .
- Markl, Volker; 2018: Eine nationale Daten- und Analyseinfrastruktur als Grundlage digitaler Souveränität, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, DOI <https://doi.org/10.1007/s00287-018-01136-z> .
- MILLA; 2018: Modulares Interaktives Lebensbegleitendes Lernen für Alle; <http://stab-zukunftderarbeit.de> .
- Mozilla, 2016, "Web Literacy - A framework for entry-level web literacy & 21st Century skills.", <https://learning.mozilla.org/en-US/web-literacy> .
- Müller, R.; 2019: Ansätze zur Dezentralisierung des Webs mithilfe der Blockchain; Master Thesis, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg; Fachbereich Informatik.
- NMC Horizon, 2015, „Course Apps - An NMC Horizon Project Strategic Brief,“ Volume 2.4, October 2015, online <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-strategic-brief-course-apps.pdf> .
- Radermacher, F.J.; 2011; Wir brauchen dematerialisiertes Wachstum; Youtube-Video <https://www.youtube.com/watch?v=bh0i224MPFU> .
- Stiftung Neue Verantwortung, 2017: <https://www.stiftung-nv.de/de/projekt/gemeinwohl-digitalisierung> .
- webcomponents.org; 2017: <https://www.webcomponents.org/> .