



Hochschulforum
Digitalisierung

DISKUSSIONSPAPIER NR. 16 / MAI 2022

Co-SpACE# – Für neue, kollaborative Wege in der ingenieurwissenschaftlichen Hochschullehre und darüber hinaus

Das Co-SpACE#-Konzept soll der Förderung innovativer und kollaborativer Hochschullehre in den Ingenieurwissenschaften dienen und wurde am Institut für Dynamik und Schwingungen (IDS) der Technischen Universität Braunschweig entwickelt. Kern ist ein individuell beispielbarer, hybrider Raum, der auf Mixed-Reality- und Machine-Learning-Technologien basiert.

Als „modular konfigurierbarer Baukasten“ soll dieser Raum auch für Lehrende ohne Programmierkenntnisse nutzbar und zu transferieren sein und damit langfristig zur fachübergreifenden Erforschung von Kollaboration in neuartigen Präsenz- sowie Remote-settings beitragen.

Autor:innen

Jennifer Olearczyk / Benjamin Effner / Frank Schiefer / Georg-Peter Ostermeyer

Technische Universität Braunschweig

Institut für Dynamik und Schwingungen

Die Transformation von „Lehren und Lernen mit IT“ ist ein stetiger Prozess, der zuletzt durch die Coronakrise einen weiteren Schub erfahren hat. Jedoch wurden kollaborative Lehr-/Lernprozesse, die unter anderem in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung eine wichtige Rolle spielen, bisher nur rudimentär berücksichtigt. Zudem sind vielversprechende Technologien wie Mixed Reality (MR) und diverse Formen Künstlicher Intelligenz (KI) in kollaborativen Lehr-/Lernkontexten bislang wenig erforscht. Mit dem Co-SpACE# [Collaborative Spatial Assistance Complementing [Higher] Education] will das Institut für Dynamik und Schwingungen diese Forschungsbedarfe adressieren.

1. Das absehbare „New Normal“

Seit Jahren ist zu beobachten, wie sich sowohl die Formen der Wissensaneignung Studierender als auch die beruflichen Anforderungsprofile an künftige Absolvent:innen verändern – beides getrieben von der nachhaltigen Integration technischer Innovationen in alle Lebensbereiche. Im Kontext der Arbeitswelt, aber auch des alltäglichen Lebens, ist dabei vor allem der Einsatz und die Verbreitung zweier Technologiezweige zu beobachten: (a) Extended-Reality-(XR)-Technologien¹ sowie (b) diverser Formen Künstlicher Intelligenz (z.B. intelligente Assistenzsysteme durch Machine Learning). Daher benötigen Lehrende und Leitungsebenen rechtzeitig adäquate Gestaltungsmöglichkeiten im Umgang mit dem absehbaren „New Normal“, um nicht unvorbereitet unter Handlungsdruck gesetzt zu werden und – wie häufig zu beobachten – gezwungenermaßen mit wenig skalierbaren und technologisch eindimensionalen Insellösungen reagieren zu müssen. Entsprechend sollten die sich etablierenden Interaktions- und Aneignungsformen rechtzeitig für die Lehre erforscht, erfahrbar gemacht und auf explorativem Wege konzeptionell in ihre formellen Kontexte überführt werden.

2. Kollaboration mittels innovativer Technologie (in der Ingenieurausbildung)

Das Feld des Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL) beschäftigt sich damit, wie „Peers“ beim gemeinsamen Lernen von Computertechnologie unterstützt werden können (vgl. [Sta06]). Weinberg et al. unterscheiden dabei zwischen drei Sozialformen der Zusammenarbeit: Dem Peer-Tutoring, dem kooperativen und dem kollaborativen Lernen [WHK⁺20]. Die Trennschärfe von Kooperation und Kollaboration im Lehr-/Lernkontext wird von Expert:innen als „problematisch“ betrachtet (vgl. [WHK⁺20], S.230). Daher strebt das IDS die Förderung einer Mischung aller benannten Sozialformen im Co-SpACE# an, die fortlaufend unter dem Begriff der Kollaboration zusammengefasst werden.

Für die Ausbildung von Ingenieur:innen ist die Arbeit im Team von großer Relevanz. Entsprechend bedeutsam ist die Vermittlung von Kompetenzen des kollaborativen Arbeitens in künftigen beruflichen Settings, die stark von neuen Technologien geprägt sind. Für einen strukturellen Rahmen innovativer Lehr-/Lernformate versteht das IDS daher kollaborative Lehr-/Lernkonzepte als Grundlage, um innovative Technologien darin einzubetten und vielseitig nutzbar zu machen.

¹ Extended Reality wird in diesem Beitrag als Sammelbegriff für Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) sowie deren Ausdifferenzierungen verwendet.

Wegweisende Forschungsergebnisse zu kollaborativem, computergestütztem Lernen stellen die Bedeutung der Aushandlungsprozesse von Lernenden in den Vordergrund (vgl. [OS08], [RT95], [Ros92]). Das maßgebliche Ziel dabei ist, eine kognitive Konvergenz zu erreichen – eine gemeinsame Wissensbasis der Lernenden (vgl. [Ros92]). Um besagte Aushandlungsprozesse entsprechend zu unterstützen, sollte Computertechnologie die Rolle des Vermittelnden einnehmen können. Für das Computer-Supported Collaborative Learning ergibt sich daraus ein konzeptioneller Forschungsbedarf, der von der Frage geleitet wird, wie das kollaborative Lernen „durch Computerunterstützung (...) optimal gefördert werden kann, ohne die Vorteile konstruktivistischer Lernszenarien mit ihren vielen Freiheitsgraden zu verlieren?“ (Vgl. [VF20], S.68)

Angesichts der rasant voranschreitenden technologischen Entwicklungen erscheint dieses Vorhaben zunehmend komplexer. Daher müssen technische Innovationen immer früher auf ihre Potenziale hin untersucht werden, um schrittweise neue Konzepte für Bildungseinrichtungen zu entwickeln und diese schließlich zu integrieren. Beispielsweise stoßen Extended-Reality-Technologien seit einigen Jahren auf ein reges Interesse in der Hochschullehre (vgl. [Per20]) und werden als Tools integriert [YWS⁺21]. Jedoch fehlt es nach wie vor an bildungsspezifischen Kompetenzen zur adäquaten Konzeption und Anwendung von XR-Tools. Ohne wissenschaftlich fundierte Angebote kann ein Nutzen besagter Technologien nicht sichergestellt werden (vgl. [Nie20]). Was es daher braucht, sind umfassende Werkzeuge, die Lehrende jeglichen Kompetenzgrades dazu befähigen, Lehr-/Lernräume mit Extended Reality zu gestalten, zu nutzen und zu verbessern.

3. Bedarf: Flexible Templates für XR-Multi-User-Anwendungen

Mit XR werden zunehmend unterschiedliche Arten von technologisch erweiterter Realität zusammengefasst, die sich vor allem durch ihren Grad an Virtualität und Möglichkeiten der Interaktion unterscheiden (vgl. [ASS⁺19]).

Am IDS wurden unterschiedliche Formen der Kollaboration durch Extended-Reality-Technologie untersucht. Die betrachteten technischen Lösungen und Forschungsprojekte wurden jeweils einer der folgenden Kategorien zugeordnet: „Kollaboration mittels Virtual-Reality-Headsets (und anderen Computern)“, „Kollaboration mittels 360°-Projektionen und -Displays“ sowie „Kollaboration mittels Mixed-Reality-Brillen und -Headsets“. Es zeigte sich, dass sensorgestützte MR-Brillen und die damit verbundenen Möglichkeiten der Softwareentwicklung das größte Potenzial haben, um kollaborative Lernprozesse gewinnbringend zu unterstützen.

Beispielsweise ermöglicht MR – im Vergleich zu VR – die für die Kollaboration relevante Face-to-Face-Interaktionen sowie didaktisch wertvolle haptische Erlebnisse mit sichtbaren, realen Gegenständen. In hybriden Settings profitieren Lernende davon, auf natürlichen Wegen (mittels Sprache, Blick und Handbewegungen ohne Controller) agieren zu können – was im klassischen VR ebenso ausbleibt. Auch 360°-Projektionen und 360°-Displays Teilnehmenden eine direkte Sicht auf ihr Umfeld und damit ebenso eine Möglichkeit zur unmittelbaren Interaktion mit anderen Usern. Damit unterstützen die 360°-Systeme die für die Kollaboration essenziellen Aushandlungsprozesse Lernender besser als VR-Umgebungen. Jedoch bleiben die Interaktionsmöglichkeiten innerhalb dieser Systeme, etwa im Hinblick auf die Kopplung mit realen Objekten, hinter denen hybrider Mixed-Reality-Settings zurück. Des Weiteren sind 360°-Installationen enorm kostspielig und räumlich unflexibel und eignen sich daher nicht für einen breiten Transfer in Bildungseinrichtungen.

Um die Erforschung kollaborativer Lehr- und Lernprozesse mit Mixed-Reality-Technologien voranzutreiben, sollten zwingend Lösungen entwickelt werden, die für alle Stakeholder leicht zu nutzen und institutionsübergreifend gut zu transferieren sind. So sollte es auch Lehrenden ohne (ausgeprägte) Programmierkenntnisse möglich sein, teil-virtuelle, komplex vernetzte Lehrsettings individuell zu gestalten, auszuwerten und jene Settings (und Lehr-/Lernkonzepte) flexibel anzupassen und auszubauen.

Ein Ansatz für die Forschung wäre ein modular konfigurier- und erweiterbares Softwaretemplate für hybride Multi-User Lehr-/Lernumgebungen.

Ein solches Template ist bisher nicht bekannt. Ebenso wenig konnten ähnlich komplexe, hybride Multi-User-Anwendungen für kollaboratives Lehren und Lernen bislang identifiziert werden. Daher wurde am IDS das Co-SpACE#-Konzept entwickelt und in ersten Realisierungen für die Lehre im Maschinenbau getestet und bewertet.

Intelligente Assistenz und Learning Analytics

Der omnipräsente Technologiezweig der Künstlichen Intelligenz (KI) findet immer mehr seinen Einzug in Industrieprozesse und wird zum Bestandteil alltagstauglicher IT-Produkte. Aufgrund ihres großen Potentials wird KI ebenso im Kontext der Lehr-/Lernverbesserung stark beforscht. Das Spektrum ist groß – es reicht von einfachen Chatbots für Studierende bis hin zur Forschung an Systemen, die mittels umfassender Datenanalysen Lehr- und Lernempfehlungen anbieten sollen. Auch im kommerziellen Bereich finden sich zahlreiche Tools, die etwa adaptive Courseware versprechen, jedoch basieren diese überwiegend auf gestalterisch einschränkenden Strukturen und sind selten mit europäischen Datenschutzrichtlinien vereinbar. Hinter anspruchsvollen Angeboten und Vorhaben stehen zu meist Machine-Learning-(ML)-Lösungen unterschiedlicher Komplexitätsgrade. Zur Gestaltung individueller Angebote mit ML existieren derzeit einige Software Tools wie etwa *Tensor Flow* oder *PyTorch* [Sof21], deren zielgerichtete Nutzung jedoch informatisches Fachwissen voraussetzt.

Aufgrund des großen Potentials von Machine Learning werden auch intelligente Assistenzsysteme und Learning Analytic Features zur umfassenderen Erforschung kollaborativer Lehr-/Lernprozesse im Co-SpACE#-Konzept integriert. Durch diese Erweiterung kann der individuelle Einsatz von ML-Funktionen auch Lehrenden ohne Programmierkenntnisse ermöglicht werden.

4. Co-SpACE# Konzept

Demo-Video



Video 1: Co-SpACE# – Hybride Umgebungen für kollaboratives Lehren und Lernen. (YouTube, TU Braunschweig)

4.1. Ziele und Raumaufbau

Als Co-SpACE# [Collaborative Spatial Assistance Complementing (Higher) Education] definiert das IDS kollaborative Lehrsettings, die eine Lehr-/Lernunterstützung mittels hybrider Räume ermöglichen. Im ersten Schritt stellt das Konzept eine Forschungsgrundlage für kollaboratives Lehren und Lernen mit XR- und ML-Technologien dar. Das langfristige Ziel ist, das sich stets weiterentwickelnde Co-SpACE#-Konzept in bestehende Lehrpläne zu integrieren sowie neue Bildungsstrukturen mitzugestalten.

Studierende könnten die damit aufgesetzten Lehr-/Lernumgebungen selbstständig wahrnehmen – optional auch mit fachlicher (Remote-) Betreuung durch Lehrende und in Fernarbeit mit Kommiliton:innen. Das Konzept wurde zunächst als Template für möglichst viele Lehrveranstaltungen im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung konzipiert. Dank der modularen, erweiter- und veränderbaren sowie flexibel ausgestaltbaren Systematik des Templates ist der Co-SpACE# potenziell für den Einsatz in jeder Disziplin geeignet.

Ein Co-SpACE# ist örtlich nicht festgelegt, da dieser auf programmierten Anwendungen basiert, die unterschiedlichste Räume mit virtuellen Elementen (Menüs, Simulationen, Tools etc.) anreichern können. Durch Mixed-Reality-Datenbrillen (am IDS aktuell das „HoloLens 2“-Modell) werden diese Elemente sichtbar und fügen sich als Hologramme² in die reale Umgebung ein.

Die Co-SpACE#-Bestandteile sind vielschichtig miteinander vernetzt und wirken dadurch als ganzheitliche Umgebung, die mit entsprechend aufbereiteten Inhalten einer beliebigen Lehrveranstaltung bespielbar ist. Die Raute [#] im Namen soll daher als Platzhalter für Lehrmodule zu verstehen sein, deren implementierte Inhalte einen konkreten Co-SpACE# bilden (z.B. Co-SpACE Reibungsphysik).

Im Multi-User-Modus können Studierende (im hybriden Raum oder remote) virtuelle Bestandteile händisch bedienen, manipulieren sowie selbst generieren. Dabei haben alle Teilnehmenden eine identische Ansicht des Co-SpACE#-Settings und sehen die Interaktionen aller Beteiligten darin in Echtzeit. Das erlaubt es Kleingruppen, gemeinschaftlich zu lernen bzw. Aufgabenstellungen im Kontext einer Lehrveranstaltung zu bearbeiten, das Angebot ist aber auch für das individuelle Selbststudium nutzbar.

Zur Ausgestaltung einer ersten Co-SpACE#-Umgebung am IDS (Demo-Video) wurde anteilig auf bestehende 3D-Elemente und Videos zurückgegriffen, die in vorhergehenden Forschungsprojekten zu hybrider Lehre mit Augmented Reality am IDS entwickelt wurden und sich gut in das räumliche Setting integrieren ließen (vgl. [0021]).

Der modulare Aufbau eines Co-SpACE# sowie die individuellen Interaktionsoptionen der Teilnehmenden im Raum sind schematisch in Abb. 1 dargestellt und werden im Folgenden erläutert:

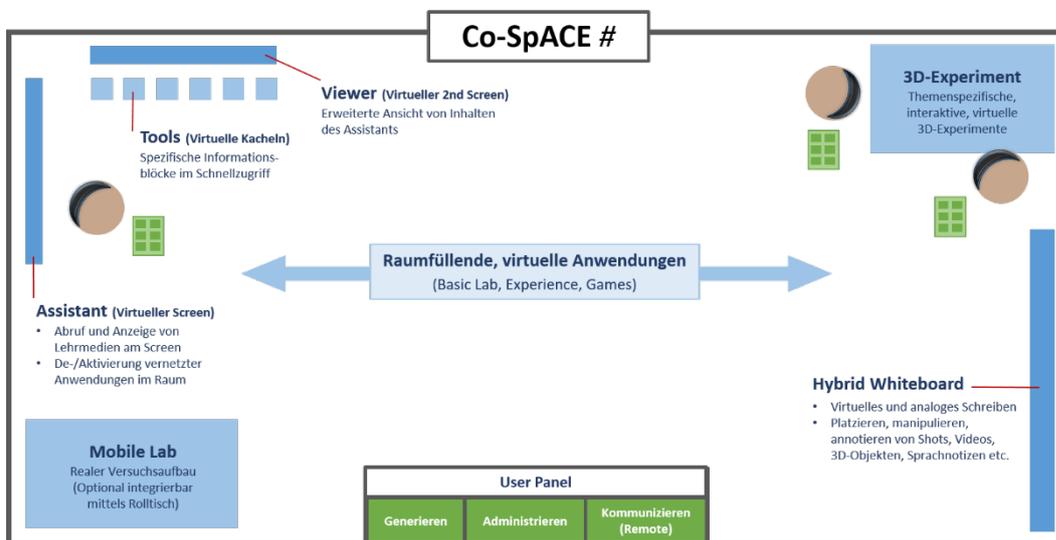


Abbildung 1: Modularer Aufbau eines Co-SpACE# und die Funktionsbereiche des individuellen User Panels.

² Der Begriff „Hologramme“ wird nach der Definition von Microsoft verwendet:
<https://news.microsoft.com/de-de/hololens-hologramme-in-lehre-und-forschung/>

Assistant, Viewer und Tools

Der Assistant ist ein virtueller Touchscreen und bildet die zentrale Organisationseinheit des Co-SpACE#. Mit ihm können Studierende Informationen suchen, auswählen und anschließend auf seiner Anzeigefläche oder im Raum erscheinen lassen. Neben üblichen Text- und Bildinformationen offeriert er beispielsweise das Aktivieren von 3D-Simulationen, interaktiven virtuellen Experimenten sowie Laborumgebungen. Der im Raum verankerte virtuelle Screen lässt sich mittels eines Menüs und Navigationselementen bedienen. Zur besseren Übersicht ist die Anzeige des Assistants auf den Viewer erweiterbar (Zweitbildschirm). Darunter finden sich zusätzlich virtuelle Schaltflächen – die sogenannten Tools im Co-SpACE#. Sie ermöglichen Studierenden einen Schnellzugriff auf die zentralen Informationsblöcke eines Lehrmoduls, die als elementare „Werkzeuge“ des Fachs betrachtet werden. Ihre jeweiligen Inhalte werden nach Betätigung der Schaltflächen im Viewer angezeigt.

3D-Simulation und 3D-Experiment

Zum besseren Verständnis von theoretischen Inhalten können Textabschnitte im Assistant um themenspezifische 3D-Simulationen ergänzt werden (Abb. 2). Sobald Lernende die Elemente (mittels Button o.ä.) abrufen, erscheinen diese vor dem Screen des Assistants oder Viewers. Die Simulationen sind etwa handgroß, um schnell erfassbar und für Studierende gut im Raum navigierbar zu sein. Zudem können Theorieteil bei der Gestaltung eines Co-SpACE# mit interaktiven 3D-Experimenten vernetzt werden – bei Anwahl einer definierten Text-/Bildstelle oder Schaltfläche erscheint das zugeordnete Experiment auf einem dafür vorgesehenen realen Tisch oder Podest im Raum. Die virtuellen Modelle ermöglichen den Nutzer:innen etwa, Variablen an Systemen zu beeinflussen und Reaktionen zu provozieren, die themenspezifische Zusammenhänge veranschaulichen.

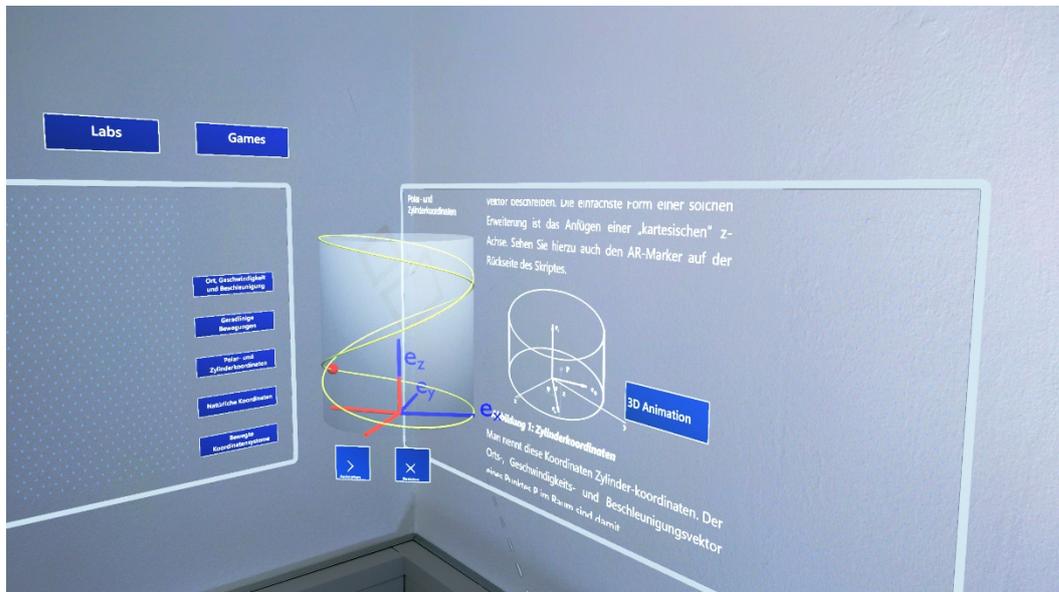


Abbildung 2: Beispiel einer ergänzenden 3D-Simulation des virtuellen Skripts.

Raumfüllende interaktive Anwendungen

Eine Experience wandelt den Co-SpACE# in eine neue Umgebung. Nach Anwahl eines Buttons transformiert der Raum in ein virtuelles Anwendungsszenario eines Lehrthemas. Dies gelingt durch 3D-Texturen, die auf die Flächen des Raumes angewandt werden sowie darin platzierte (interaktive) Objekte und Simulationen. Kernaspekte einer theoretischen Lehrinheit werden so besonders gut „erfahrbar“, da sie den Wechsel in eine nahezu beliebige Szenerie ermöglichen, in der Studierende umfassend agieren können. So zeigen Abb. 3 a und b, wie Teilnehmer:innen gemeinsam an einer simulierten Fertigungsstraße mit Laufband und Roboterarm lernen.

Zusätzlich sind auch weniger interaktive Varianten mit 360°-Videos vorgesehen, um die Generierung von Experiences für Lehrende leichter zu gestalten.



Abbildung 3 a u. b: Teilnehmer:innen lernen mittels einer 3D-Experience (Fertigungsstraße mit Laufband und Roboterarm).

Games wirken aktivierend und können Studierende spielerisch auf spezifische Aufgabentypen vorbereiten. Je nach Spielprinzip kann dabei der volle Umfang des Raumes genutzt werden.

Das *Basic Lab* widmet sich dem virtuellen Experimentieren mit vereinfacht dargestellten Komponenten physikalischer Systeme, welche in Lehrmodulen behandelt werden. Seine raumfüllende Benutzerumgebung ermöglicht die Integration von Systemen bzw. Elementen verschiedenster Fachgebiete sowie deren Manipulation und In-Bezug-Setzung mittels virtueller Werkzeuge. Das Basic Lab stellt damit ein „Template im Template“ dar.

Mobile Lab

Mittels eines Rolltisches können reale Versuchsaufbauten etwa für Laborveranstaltungen in den Raum integriert werden (siehe Abb. 4). Diese Veranstaltungen können so von den virtuellen Funktionen und Ressourcen des Co-SpACE# profitieren. Das Konzept sieht zudem vor, die jeweiligen Teilnehmenden bei ihrem explorativen Vorgehen durch ein KI-basiertes Assistenzsystem zu unterstützen.



Abbildung 4: Studierende werden vom Assistenten im Mobile Lab unterstützt.

Hybrid Whiteboard

Auf dem realen Whiteboard können Studierende mit Boardmarkern analog schreiben und skizzieren. Ebenso stehen Ihnen virtuelle Funktionen zur Verfügung, um etwa Zeichnungen zu generieren oder Elemente mittels Hand und Stimme zu annotieren. Das Board dient entsprechend zum kollaborativen Sammeln und Sortieren – zudem kann das hybride Tafelbild gespeichert und exportiert werden.

User Panel

Jede:r Teilnehmende verfügt über ein Set an Funktionen, mit denen er oder sie im hybriden Raum agieren kann. Die virtuellen Interaktionsmöglichkeiten erlauben Nutzer:innen beispielsweise das Zeichnen im Raum, das Erzeugen von virtuellen Videos und Fotos, das Verlinken von Elementen im Raum sowie das Abrufen eines intelligenten Assistenten. Das User Panel ist demnach keine für sich stehende Raumkomponente, sondern ein für einzelne User separat aufrufbares virtuelles Funktionsmenü, das sie im Co-SpACE# bei sich tragen (siehe Abb. 5).



Abbildung 5: User Panel eines Teilnehmenden im Raum – aktiviert durch das Betrachten der Handinnenfläche.

4.2. Content Management System (CMS)

Um ohne Programmierkenntnisse einen Co-SpACE# aufzusetzen, zu administrieren, Nutzendaten auszulesen und zu analysieren sowie den Co-SpACE# (in Iterationen) anzupassen, braucht es ein umfassendes Content Management System. Dieses unterscheidet sich etwa von WordPress oder Learning Management Systemen (LMS), da es komplex vernetzte, räumliche und darüber hinaus hybride Settings verwaltet.

Das vorgesehene CMS soll langfristig mit anderen Systemen einer Institution vernetzt sein, um dort Daten ablegen und abrufen zu können sowie diese im Rahmen einer Lehrveranstaltung vielschichtig zu analysieren und sicher zu verwerten. Auch der Remote-Zugriff sollte über LMS oder andere Hochschulplattformen sichergestellt werden. Forschenden ohne Programmierkenntnisse können so unterschiedliche Möglichkeiten zur Bewertung und Verbesserung kollaborativer Prozesse mit Mixed Reality und Machine Learning vor Ort und aus der Ferne ermöglicht werden. Lehrende und Studierende können von den Analyse-Optionen etwa durch individuelle oder gemeinschaftliche Nachbetrachtung von Lehr-/Lernprozessen bzw. deren Ergebnissen profitieren.

Auch adaptive Lernhilfen, die im Co-SpACE#-Konzept innerhalb der Assistenzfunktionen vorgesehen sind, sollen im CMS konfigurierbar sein. Des Weiteren sollen die Interaktionen zwischen Studierenden, dem System und den Lehrenden erfasst und datenschutzkonform analysiert werden können.

Aufsetzen und Verankern

Ein Co-SpACE# kann potenziell in jeden physisch vorhandenen Raum integriert werden. Um ein hybrides Setting einzurichten, müssen die virtuellen Module eines Co-SpACE# zunächst in einem realen Raum positioniert und darin verankert werden (Abb. 6 a und b). Dazu benötigen User ein mobiles Mixed-Reality-Device (z.B. HoloLens 2), das die Umgebung abtastet, um mögliche Flächen und Objekte im Raum zu identifizieren und eine Art 3D-Replikat des Raumes zu bilden. Davon ausgehend kann der Co-SpACE# händisch mit den virtuellen, individuell bespielbaren Modulen versehen werden. Zusätzlich können Nutzer:innen reale Objekte im Raum markieren, um diese später für ein hybrides Zusammenspiel besser anzusteuern. Eine App auf dem Gerät führt User step-by-step durch die Konfiguration.

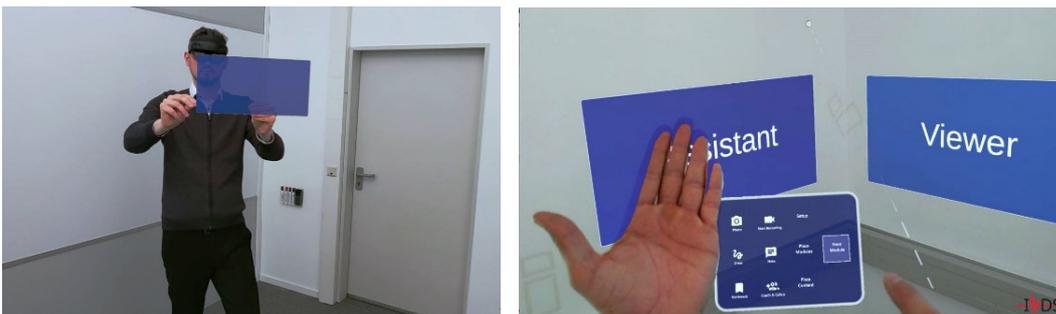


Abbildung 6 a u. b: Setup für Lehrende – Platzierung virtueller Co-SpACE#-Module in einem physischen Raum.

Ausgestalten, Administrieren und Auslesen

Nachdem ein Raum aufgesetzt wurde, können die Co-SpACE#-Module mit Inhalten gefüllt und diese untereinander vernetzt werden. Dazu ist eine browserbasierende Anwendung zur orts- und geräteunabhängigen Bearbeitung vorgesehen. Text-, Bild-, Video-, Audio-, 3D- und anderer Content werden mittels CMS eingelesen, neu erstellt oder angepasst. Mittels flexibel einsetzbaren Kapitelstrukturen, Schaltflächen und Tags können die Inhalte anschließend gegliedert sowie räumlich miteinander vernetzt werden.

Beispielsweise können im Viewer dargestellte virtuelle Textstellen oder Buttons mit 3D-Inhalten verlinkt werden, die bei Anwahl im Raum erscheinen. Vor der Integration des 3D-Objektes können dessen Position im Raum sowie die Möglichkeiten zur Interaktion mit dem Objekt im CMS bestimmt werden.

Um den Transfer von vorhandenen Lehrmaterialien in den Co-SpACE# zu vereinfachen, ist u.a. ein Konverter vorgesehen. Damit könnten etwa Abschnitte aus Text- oder Präsentations-Dateien intuitiv den webseitenartigen Strukturen des Assistants und des Viewers zugeordnet und mit multimedialen Elementen erweitert werden.

Das CMS soll umfassende Hilfsangebote zur individuellen Gestaltung und Anpassung von Content bereitstellen, die unter anderem das Generieren von 3D-Content erleichtern (siehe Toolbox).

Eine weitere Ebene der Ausgestaltung stellt die Kopplung von virtuellen mit realen Objekten im Raum dar. So könnten etwa der Assistenzfunktion im Mobile Lab diverse Möglichkeiten des Feedbacks zugeordnet werden. Holographische Visualisierungen sollen reale Aufbauten ergänzen oder etwas daran aufzeigen. Zudem könnten auch sensorisch ausgelöste Reaktionen einer Hardwarekomponente den Lernprozess unterstützen – sofern im CMS als Feedback definiert bzw. auf Basis von Machine Learning ausgegeben.

Abschließend kann mittels CMS Studierenden das Recht zur eigenständigen Vernetzung von Elementen erteilt werden. Diese Funktion soll ihnen zu einer aktiven, anschaulichen Verknüpfung von jeglichen für ihren Lernprozess relevanten Inhalten verhelfen. Mittels der Bookmark-Funktion im User Panel würde den Lernenden beispielsweise ermöglicht, selbst generierte virtuelle Skizzen, Notizen oder gemeinschaftlich erarbeitete Rechenwege am Whiteboard mit Literatur aus einem Browserfenster und realen Objekten im Raum zu vernetzen.

Zum besseren Verständnis ist in Abb. 7 der Ablauf einer potenziellen Ausgestaltung eines Co-SpACE# dargestellt. In Abb. 8 a und b finden sich weitere Vernetzungsbeispiele, die von a) Lehrenden im Co-SpACE# vordefiniert oder b) durch Studierende im Prozess erstellt wurden.

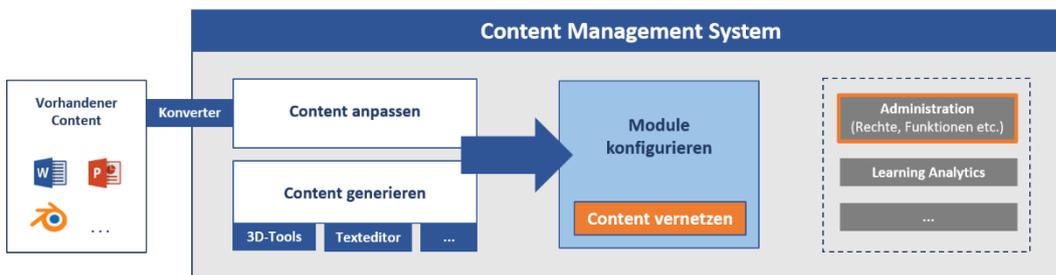


Abbildung 7: Schematisch dargestellter Ablauf der Ausgestaltung eines Co-SpACE# mittels CMS.

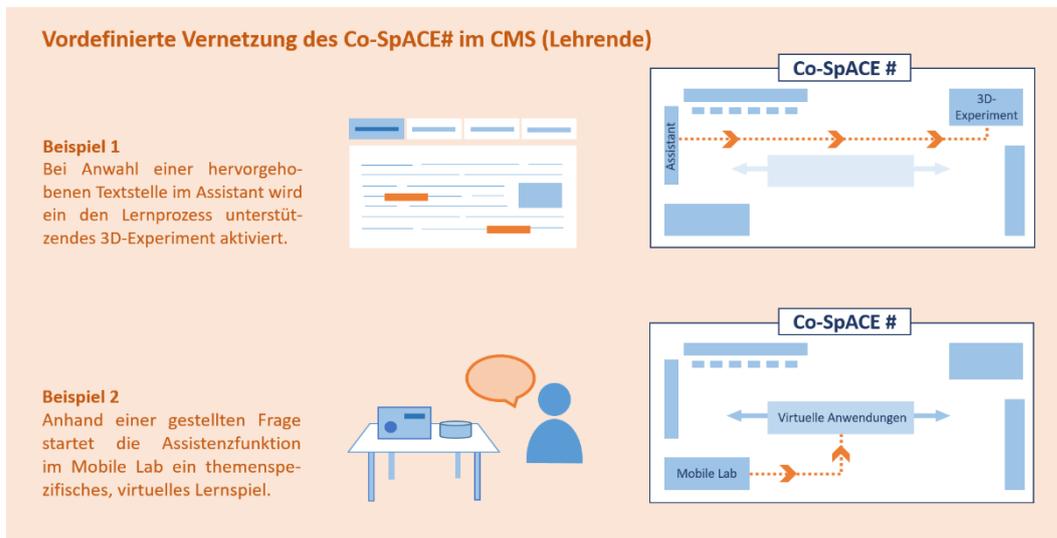


Abbildung 8: Schematisch dargestellte Beispiele: Von Lehrenden definierte Vernetzung im Co-SpACE#.

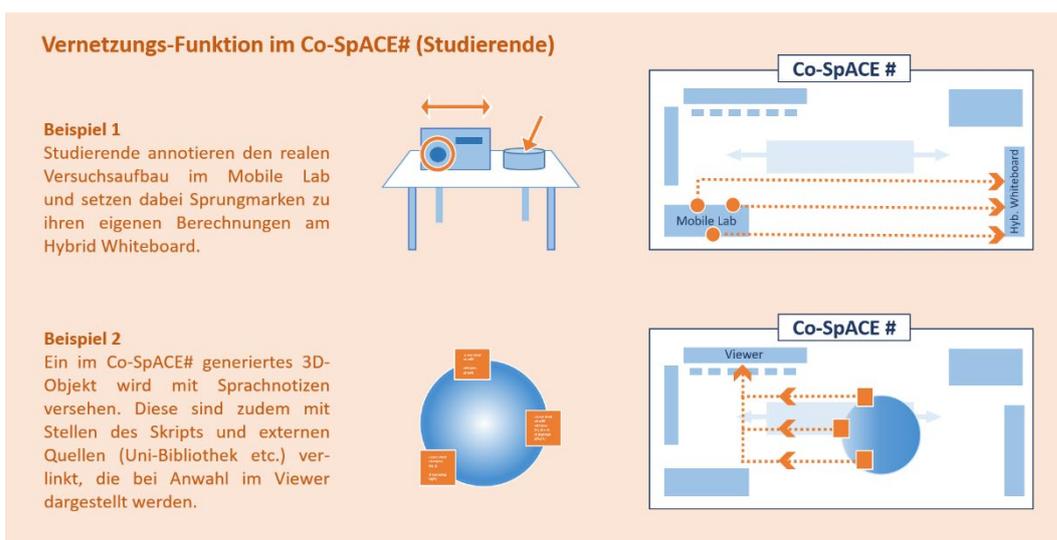


Abbildung 9: Schematisch dargestellte Beispiele: Von Studierenden generierte Vernetzung im Co-SpACE#.

Die vielfältigen Interaktions- und Kommunikationsmöglichkeiten von Nutzer:innen in Präsenz und/oder aus der Ferne (remote) können im CMS konfiguriert werden. Die Möglichkeiten, die z.B. ein virtuelles Experiment oder eine Experience in einem Co-SpACE# zulassen, sind dort festgehalten und jederzeit veränderbar.

Ebenso können die Spezifikationen der User Panels justiert werden, die etwa die Aktivierung von Assistenzfunktionen und die Ausgabe selbstgenerierter 3D-Modelle am 3D-Drucker offerieren.

Das CMS erlaubt zudem eine Verwaltung mittels Nutzer:innenkonten, durch die ein Loggen und Zuordnen von Aktivitäten und Ergebnissen ermöglicht wird. Auch können den Lernenden im Co-SpACE# damit Berechtigungen zugeteilt werden, wie etwa die Einsicht in Aufgabenauswertungen oder das Abspeichern und Verwalten von ganzen virtuellen Raumzuständen.

Was bisher als gemeinsame Hausarbeit in Clouddokumenten umgesetzt wird, kann dadurch in einem räumlichen Setting stattfinden, das nachhaltig „begehrbar“ ist und eine ganzheitliche Bearbeitung eines Themas ermöglicht – beispielsweise mittels eigens generierter 3D-Objekte, virtueller (und analoger) Texte oder Sprachnotizen.

Die Nutzung von Learning Analytics soll im Co-SpACE# breit und datenschutzkonform angelegt werden, da die zugehörigen Funktionen eine essenzielle Schnittstelle für Forschung und Lehre bilden. Im CMS können die Daten definiert werden, die innerhalb einer Session im jeweiligen Co-SpACE# erfasst werden sollen. Administrator:innen können die geloggtten Daten im Browser-Tool analysiert und vielfältig aufbereitet einsehen. Die Auswertungen könnten potentiell das Bewegungsverhalten der Teilnehmenden (siehe [Position Tracking](#)) im Co-SpACE# sowie auch die am häufigsten thematisierten Diskussionspunkte innerhalb einer Gruppe betreffen. Sofern freigeschaltet, sollen Studierende in einem zugehörigen Abschnitt des vorherrschenden Learning Management Systems ihre Ergebnisse und Auswertungen sowie abgeleitete Lernempfehlungen abrufen können. Zudem dienen jene Daten auch als Quelle assistentischer Funktionen im Co-SpACE#.

Remote-Nutzung

Ein Co-SpACE# kann auch unabhängig vom Ursprungsraum aus der Ferne genutzt werden – dabei entfällt jedoch das haptische Erleben realer Elemente. Im 3D-Replikat des Raumes kann aber mit Avataren (Kommiliton:innen etc.) agiert werden und z.B. Live-Übertragungen von Experimenten aus der Studierendensicht im realen bzw. hybriden Raum gestreamt werden. Ebenso kann ein Co-SpACE# aufgesetzt werden, der von realen Räumen unabhängig ist und auf die virtuellen Co-SpACE#-Module sowie Kommunikations- und Interaktionsmöglichkeiten reduziert ist.

Perspektivisch könnten Studierende so eigens generierte sowie bestehende Co-SpACE#-Anwendungen von „zu Hause aus“ nutzen, um mit einzelnen Kommiliton:innen, Arbeitsgruppen oder im regulären Lehrbetrieb zu lernen. Lehrende könnten in verschiedenen Situationen aus der Ferne einem Co-SpACE# beitreten und die Lernenden mittels Audio und Annotationen anleiten.

Die Remote-Option kann vielfältige Zwecke erfüllen, dessen Hosting und Datenverkehr durch sichere, leistungsfähige Hochschulserver realisiert werden muss. So kann innovativ und kollaboratives Lehren und Lernen langfristig in fachlicher Breite und auch mittels internationaler Kooperationen erforscht werden.

5. Anforderungen an ein CMS (im Maschinenbau)

Ermittlung eines Anforderungskataloges

Das Co-SpACE#-Konzept umfasst erste Anforderungen an ein zugehöriges CMS. Diese orientieren sich an der Maßgabe, dass alle angestrebten Co-SpACE#-Funktionen in Forschung und Lehre auch ohne Programmierkenntnisse nutzbar sein sollen. Die Anforderungen an das CMS lassen sich in vier rahmengebende Kategorien unterteilen: User Interface / User Experience, Software-Administration & Datenmanagement, Learning Analytics sowie Interaktion & Kommunikation.

Auf dieser Basis wurden mittels einer qualitativen Studie weitere Anforderungen aus der Literatur und Bedarfe potenzieller Nutzender analysiert. Dazu wurden zwölf Interviews mit Lehrenden aus insgesamt sieben Instituten der Fakultät Maschinenbau an der TU Braunschweig geführt. Alle Teilnehmenden sind oder waren in der Lehre aktiv, ein Drittel davon sind Frauen – woraus sich eine Generalisierbarkeit für den Maschinenbau ergibt. Als Einführung zu den Interviews diente ein Video, in dem die Mixed-Reality-Technologie sowie das Co-SpACE#-Konzept erläutert und erste technische Realisierungen des Konzeptes demonstriert wurden.

Im Rahmen einer strukturierten Inhaltsanalyse entstand schließlich ein Kategoriensystem, aus dem ein Anforderungskatalog für ein CMS im Maschinenbau abgeleitet wurde. Abb. 9 stellt das Kategoriensystem in vereinfachter Form und mit ausgewählten Anforderungsbeispielen dar.

| User Interface / User Experience | Software-Administration & Datenmanagement | Learning Analytics | Interaktion und Kommunikation |
|--|---|--|--|
| Physische Metaphern Durch virtuelle Imitation realer, physischer Objekte aus dem Alltag wird intuitiveres Bedienen unterstützt. | Python-Schnittstelle Daten werden von einem Python basierten Server abgegriffen oder an diesen versendet. Dabei werden die Daten mittels Metasprache für den vorhandenen Code im Co-SpACE# nutzbar gemacht. | Lernempfehlungen Studierende erhalten Empfehlungen z.B. auf Basis der bisherigen Performance im Co-SpACE#. | Virtuelle Zeichen- und Konstruktions-Tools |
| Bedienungskonsistenz Die Konsistenz der Bedienung erstreckt sich auf alle Teile der Anwendung sowie auf alle verwendeten Geräte. | Virtuelle Raumzustände Die virtuellen Elemente eines Co-SpACE# können zu jedem Zeitpunkt der kollaborativen Arbeit gespeichert und anschließend ortsunabhängig abgerufen werden. | Match Making Es werden Empfehlung für potentiell gewinnbringende Konstellation einer Gruppe oder von Lernpartnerschaften ausgesprochen. | Hilfsanfragen Wenn Lernende stagnieren, können sie Kommiliton:innen oder Lehrende für [remote] Hilfestellungen anfragen. |
| Warnbereiche Bei Hybridexperimenten wird in Gefahrenbereichen visuell und auditiv darauf hingewiesen, wo z.B. nicht mit Händen gearbeitet werden soll. | 3D-Scan Optimierung Reale Objekte, die gescannt wurden, werden automatisch zur Integration im Co-SpACE# optimiert. | Zeiterfassung für Events Es werden Dauer und Abstände von möglichen User- und Softwareaktivitäten für diverse Analyse-möglichkeiten erfasst. | Hybrides Experimentieren Reale Aufbauten können mit virtuellen Elementen kombiniert/ gekoppelt werden. |
| ... | ... | ... | ... |

Tabelle 1: Vereinfachte Darstellung des Kategoriensystems zur Ermittlung eines CMS-Anforderungskataloges mit ausgewählten Beispielen.

Innerhalb der Interviews formulierten die Proband:innen am häufigsten den Mehrwert praxisnaher, virtueller 3D-Elemente in einem potentiellen Co-SpACE# für ihre Lehre. Dabei kommunizierten sie zugleich die Anforderungen an benötigte Hilfstools, was als größter Bedarf eingestuft wurde. Die Teilnehmenden würden Softwareangebote benötigen, die es ihnen auch ohne Fachkenntnisse ermöglichen, interaktive 3D-Animationen, -Experimente und -Simulationen zu generieren. Angestrebte Szenarien umfassten Experimente mit Getriebeteilen, die real nicht vorhanden sind, bis hin zu gamifizierten Laborsettings, in denen hohe Sicherheitsvorschriften zu wahren sind.

Trotz der einleitenden Demonstration zu MR-Technologie musste oftmals erneut über die Gestaltungsmöglichkeiten mit MR aufgeklärt werden. Daraufhin äußerten die Probanden verstärkt den Wunsch nach der Kopplung von realen und virtuellen Experimenten. Skizziert wurde dabei mehrfach die Übertragung von Roboterdaten auf virtuelle Modelle im Co-SpACE#. Dies wurde zur Erläuterung von MR-Technologie nicht als Beispiel angeführt.

Am wenigsten wurden Bedarfe an Learning Analytics formuliert, was auf ein geringes Bewusstsein für Möglichkeiten zur Lehr-/Lernverbesserung mit Analysewerkzeugen schließen lässt.

Test-Features (CMS)

Nach Erstellung des Anforderungskatalogs wurden am IDS weitere Test-Funktionen für ein Framework umgesetzt, das derzeit erste Ansätze des angestrebten CMS ermöglicht:

Eine fachspezifische Toolbox soll Nutzer:innen bei der Generierung von 3D-Inhalten unterstützen. Durch das Feature können User beim Ausgestalten des hybriden Raumes beispielsweise händisch 3D-Kreationen „zusammenstecken“ und anschließend in ihren Eigenschaften verändern. Dies soll mobil, mittels App und der HoloLens oder per Tastatur und Maus im Browsertool möglich sein.

Abb. 10 a und b zeigen das mobile Konstruieren eines Einmassenschwingers im Raum. Nach der abschließenden Konfiguration des Modells kann das dynamische Verhalten simuliert und im Co-SpACE# dargestellt werden. In künftigen Szenarien könnten Studierende damit „reihum“ experimentieren, virtuelle Annotationen setzen und gemeinsam die damit verknüpften theoretischen Inhalte im Raum diskutieren. Abschließend könnte das so entstandene räumliche Brainstorming am hybriden Whiteboard platziert, ergänzt und (für das spätere Selbststudium) in einen zugehörigen Ordner im Learning Management System exportiert werden.

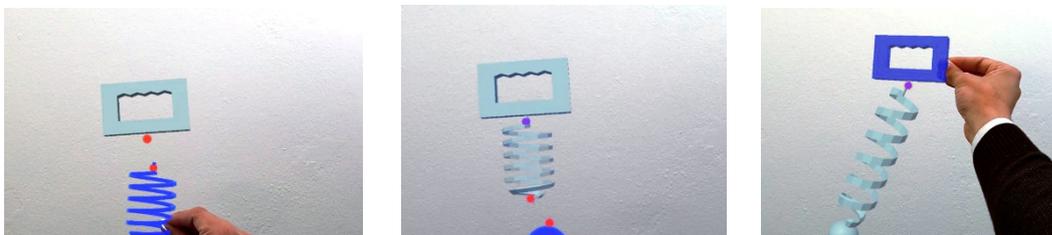


Abbildung 10 a, b, c: Interaktive 3D-Anwendungen generieren mit der Toolbox – frei wählbare Elemente werden zu einem Einmassenschwinger zusammengesetzt, um dessen Dynamik simulieren zu können.

Das *Tabellen Tool* übersetzt die Daten vorhandener Tabellen in anschauliche räumliche Grafiken im Co-SpACE#. Abb. 11 zeigt die Interpretation einer Tabelle im CSV-Format, das sich leicht aus Excel-Tabellen exportieren lässt. Es ist denkbar, das Feature auch zur Darstellung von Learning Analytics einzusetzen.

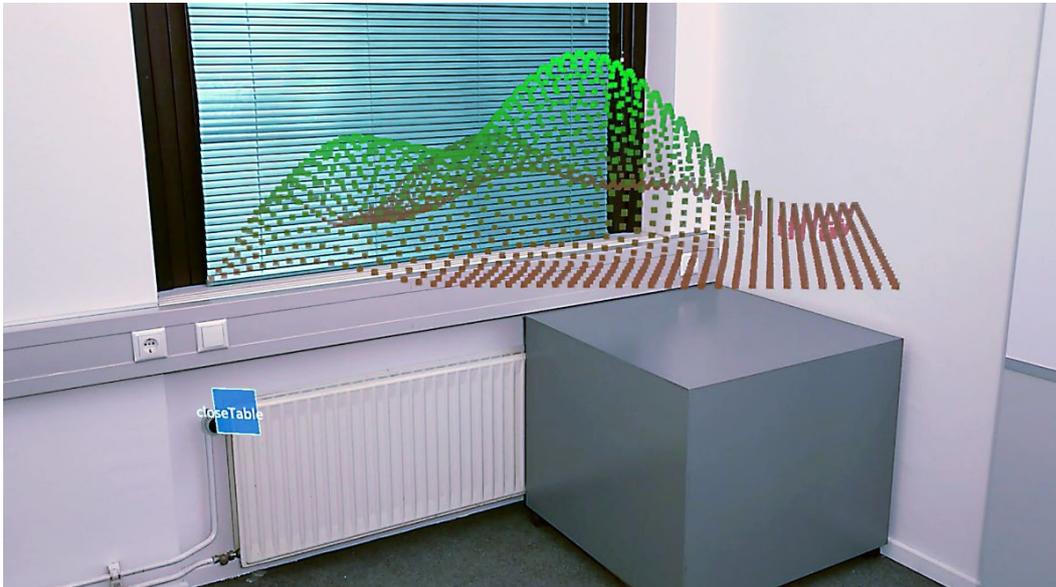


Abbildung 11: Umsetzung einer CSV-Tabelle in eine räumliche Darstellung.

Mittels des *Position Tracking* kann das Bewegungsverhalten von Studierenden im Raum nachträglich betrachtet und ausgewertet werden. Die Daten sollen im CMS mittels Browsertool sichtbar gemacht und analysiert werden. Zudem können die Bewegungsverläufe im Raum via MR-Device grafisch nachvollzogen werden (siehe Abb. 12).

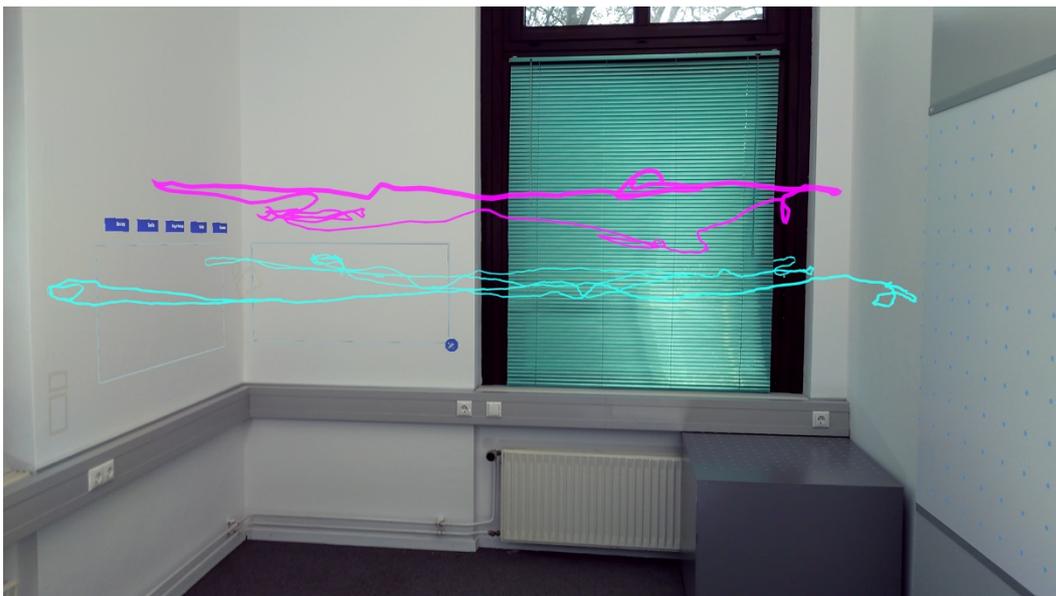


Abbildung 12: Das Bewegungsverhalten von Usern kann mittels MR-Device nachvollzogen werden.

Derzeit wird am IDS mit einer Softwarelösung aus zwei Komponenten gearbeitet (App für Device sowie Serveranwendung mit Datenbank und Browser-Tool), die sich noch nicht als CMS, sondern als Beta-Framework bezeichnen lässt.

6. Ausblick

Das Co-SpACE#-Konzept umfasst einen stets erweiterbaren, modular strukturierten und frei bespielbaren „IT-Baukasten“, der auch für weniger IT-affine User nutzbar ist. Es stellt einen Forschungsansatz zur Verbesserung kollaborativer Lehr-/Lernprozesse mit Technologien dar, welche absehbar die Alltags- und Arbeitswelt maßgeblich mitbestimmen werden.

Damit soll der Herausforderung begegnet werden, Bildungseinrichtungen adäquate Forschungs- und schließlich Gestaltungsmöglichkeiten mit Technologien (XR und KI) zu ermöglichen, die nicht nur Potenzial zur Verbesserung von Lehre besitzen, sondern darüber hinaus nachhaltig Interaktions- und Aneignungsformen Lernender sowie Anforderungen an Arbeitnehmer:innen prägen und verändern. Der bewusste Fokus auf kollaborative Nutzungsszenarien basiert auf ihrem didaktischen Mehrwert sowie der Bedeutung des gemeinschaftlichen Arbeitens in der Wirtschaft. Da sich diese Prozesse durch neue technologische Möglichkeiten (Datenvernetzung, Kommunikationsformen, etc.) stark verändern, dient das Co-SpACE#-Konzept ebenso als Forschungsraum, um langfristig eine geeignete Umgestaltung didaktischer Formate und Systeme zu ermöglichen, die Lernende auch auf eine kompetente Mitwirkung an künftigen kollaborativen Prozessen vorbereitet.

Das perspektivische Ziel ist die Integration des Co-SpACE#-Konzeptes in Curricula bzw. freie Angebotskataloge künftiger (international kooperierender) Bildungssysteme, um Potentiale neuer Lehr-/Lernformen und -konzepte zu nutzen und zugleich der Vermittlung neuer Kompetenzen für Studierende gerecht zu werden.

Mit Hilfe des Co-SpACE#-Konzeptes sollen demnach Strukturen geschaffen werden, die Studierenden eine innovative Form des Lernens mit fortschrittlichen Rahmenbedingungen ermöglichen:

- weltweit vernetzt
- unabhängig von Hochschulzugehörigkeit
- mit Zugang zu potenziell jeder Lehrveranstaltung.

Innerhalb eines Co-SpACE# können international diverse Teilnehmer:innen gemeinschaftlich an stark begleiteten bis hin zu frei explorativen Lehr-/Lernprozessen teilhaben und sich zudem in eigens generierten Co-SpACE#-Umgebungen selbstständig organisieren, treffen und lernen.

Durch seine komplex vernetzte Struktur und seine Interaktions- und Kommunikationsmöglichkeiten erlaubt das Co-SpACE#-Konzept die vielfältige Exploration neuer Lehr-/Lernformen – unter anderem können das gemeinschaftliche problemorientierte, forschende und spielbasierte Lernen (vgl. [K019]) aufgegriffen und erweitert werden. Zudem bietet der Co-SpACE# umfassende Möglichkeiten, den Erwerb und die Stärkung von relevanten Kompetenzen zu fördern, die – ebenso wie Technologien – einer stetigen Anpassung und Erweiterung unterliegen und kontinuierlich mit Fachkräften aus Industrie, Kultur und Wissenschaft diskutiert werden müssen.

Um den Handlungsspielraum von Hochschulen zur Annäherung an solche bzw. vergleichbar innovative Konzepte zu erweitern, bedarf es zunächst einer zeitnahen Beforschung anhand erster Used Cases – stets mit dem Ziel, die Sichtbarkeit von Bedarfen und dem Mehrwert erster Lösungen zu stärken. Die Arbeit innerhalb kleiner, internationaler Netzwerke aus Hochschulen, Industriepartnern und Kultureinrichtungen stellt dafür eine adäquate Grundlage dar.

Im Falle des Co-SpACE#-Konzeptes sollte anschließend daraufhingearbeitet werden, ausgewählte Lehrveranstaltungen teilnehmender Hochschulen in divers konfigurierten Co-SpACE#-Umgebungen anzubieten. Diese können von Studierenden, Lehrenden und anderen Expert:innen aller beteiligten Institutionen betreten und genutzt werden, ob a) via hybrider Räume am jeweiligen Campus und in Partnergebäuden oder b) ortsunabhängig mittels XR Devices bzw. am Desktop-Computer.

Nach einer ausgiebigen Erprobungs- und Anpassungsphase sollten die Hochschulen mit den Partnern gemeinsame Curricula bzw. frei konfigurierbare Studiengänge entwickeln, diese international anbieten und damit erste Aufmerksamkeit für den Mehrwert des Konzepts generieren.

Die derzeit im Co-SpACE# verwendete HoloLens 2 ist nur eine Möglichkeit zur künftigen Nutzung des modularen „IT-Baukastens“. Entwickler:innen sehen sich stetig in Konkurrenz mit neuen Ansätzen, Systemen und Devices, welche die eigenen Entwicklungen und Produkte verändern oder ablösen können. Daher strebt das vorgestellte Konzept nicht eine einzige konkrete Umsetzungsweise an, sondern ein Template zur Annäherung an transfergeeignete Konzepte und Standards. Erste Tests wurden daher auf Basis von OpenXR realisiert, welches es mit wenig Programmieraufwand ermöglicht, unterschiedliche XR-Geräte zu nutzen.

Es bleibt abzuwarten, wie sich internationale Bildungsstrukturen entwickeln und damit auch, wie Studierende in Lehr-/Lernprozessen besser gefördert sowie auf künftige Anforderungen vorbereitet werden können. Die vorausschauende Forschung an kollaborativen, technologiegestützten Konzepten wie dem Co-SpACE# stellt dabei einen wichtigen Aspekt dar.

7. Literatur

- [ASS⁺19] Andrews, C. et al.: Extended Reality in Medical Practice. In: Current treatment options in cardiovascular medicine 21 (2019), Nr. 4, S. 18. DOI 10.1007/s11936-019-0722-7. ISSN 1092-8464
- [K019] Kauffeld, S.; Othmer, J.: Handbuch Innovative Lehre, 2019. ISBN 978-3-658-22796-8. Springer Wiesbaden
- [Nie20] Niegemann, H.: Instructional Design. In: Handbuch Bildungstechnologie. Springer Berlin Heidelberg, 2020
- [0021] Ostermeyer, G. P.; Olearczyk, J.: Hybride Lernskripte in der Ingenieurslehre mittels Mobile Augmented Reality, 2021. <https://www.duz-open.de/de/publikationen/hybride-lernskripte/>. [Stand: 12.05.2022]
- [OS08] Oliveira, A. W.; Sadler, T. D.: Interactive Patterns and Conceptual Convergence during Student Collaborations in Science. In: Journal of Research in Science Teaching 45 (2008), Nr. 5, S. 634-658. DOI 10.1002/tea.20211. ISSN 00224308
- [Per20] Persike, M.: Videos in der Lehre: Wirkungen und Nebenwirkungen. In: Handbuch Bildungstechnologie. Springer Berlin Heidelberg, 2020
- [Ros92] Roschelle, J.: Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change. In: Journal of the Learning Sciences 2 (1992), Nr. 3, S. 235-276. DOI 10.1207/s15327809jls0203_1. ISSN 1050-8406
- [RT95] Roschelle, J.; Teasley, S. D.: The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In: Computer Supported Collaborative Learning. Springer, 1995
- [Sof21] Software Testing Help: 11 Most Popular Machine Learning Software Tools In 2021, 2021. https://www.softwaretestinghelp.com/machine-learning-tools/#10_Most_Popular_Machine_Learning_Software_Tools. [Stand: 12.05.2022]
- [Sta06] Stahl, G.: Supporting Group Cognition in an Online Math Community: A Cognitive Tool for Small-Group Referencing in Text Chat. In: Journal of Educational Computing Research 35 (2006), Nr. 2, S. 103-122. DOI 10.2190/Q435-7611-2561-720P. ISSN 0735-6331
- [VF20] Vogel, F.; Fischer, F.: Computerunterstütztes kollaboratives Lernen. In: Handbuch Bildungstechnologie. Springer Berlin Heidelberg, 2020
- [WHK⁺20] Weinberger, A. et al.: Computer-unterstützte kooperative Lernszenarien. In: Handbuch Bildungstechnologie. Springer Berlin Heidelberg, 2020
- [YWS⁺21] Yepes-Serna, V. et al.: Design Principles for Educational Mixed Reality? In: Designing, Deploying, and Evaluating Virtual and Augmented Reality in Education. IGI Global, 2021

Impressum

Diskussionspapiere des HFD spiegeln die Meinung der jeweiligen Autor:innen wider. Das HFD macht sich die in diesem Papier getätigten Aussagen daher nicht zu Eigen.



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>. Von dieser Lizenz ausgenommen sind Organisationslogos sowie falls gekennzeichnet einzelne Bilder und Visualisierungen.

ISSN (Online) 2365-7081; 5. Jahrgang

Zitierhinweis

Olearczyk, J., Effner, B., Schiefer, F., Ostermeyer, G.-P. [2022]. Co-SpACE# – Für neue, kollaborative Wege in der ingenieurwissenschaftlichen Hochschullehre und darüber hinaus. Diskussionspapier Nr. 16. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.

Herausgeber

Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung beim Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
Hauptstadtbüro • Pariser Platz 6 • 10117 Berlin • T 030 322982-520
info@hochschulforumdigitalisierung.de

Redaktion (HFD)

Leandra Müller-Wolf

Verlag

Edition Stifterverband – Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH
Barkhovenallee 1 • 45239 Essen • T 0201 8401-0 • mail@stifterverband.de

Layout

Satz: Katharina Fischer
Vorlage: TAU GmbH • Köpenicker Straße 154a • 10997 Berlin

Das Hochschulforum Digitalisierung ist ein gemeinsames Projekt des Stifterverbandes, des CHE Centrums für Hochschulentwicklung und der Hochschulrektorenkonferenz. Förderer ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

www.hochschulforumdigitalisierung.de