

# Kontextualisiertes Content-Management

Alexander Kröner

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

alexander.kroener@th-nuernberg.de

**Abstract.** Ein Aspekt der Digitalisierung von Alltagsprozessen besteht in der Abbildung situationsabhängiger Informationsbedürfnisse auf digitale Informationsangebote. Das in diesem Bericht dokumentierte Projekt untersuchte, wie Situationen in Form von Kontext-Parametern technisch beschrieben und mit Content-Management-Systemen verbunden werden können. Ergebnisse des Projekts umfassen Erkenntnisse zum Stand der Technik, einen Prototyp zum sogenannten internen und externen Kontext-Management sowie Überlegungen zur Ausgestaltung des Themas in der Lehre.

## 1 Hintergrund

Ein Content-Management-System (CMS, auch Redaktionssystem) ist eine Software, die ihre Benutzer im systematischen Sammeln, Organisieren und Veröffentlichen von Content unterstützt (Boiko, 2004, S.72 & S.86). Vom System verwaltete Bestandteile des Contents werden als Content-Components bezeichnet (vgl. Boiko, 2004, S.21).

Ein Qualitätsmerkmal eines CMS besteht in der Eignung von Auswahl und Präsentation von veröffentlichtem Content zur Befriedigung des Informationsbedürfnisses des Konsumenten. Letzteres hängt ab von der Situation des Konsumenten. Nach Dey & Abowd (1999) wird diese beschrieben durch Information, die dem Kontext des Konsumenten – beispielsweise Ort, Zeit und Aktivität – entnommen wird.

Historisch konnte die (Arbeits-) Situation der Benutzer von Software-Systemen als weitgehend statisch und nutzerübergreifend ähnlich angenommen werden. Der durch einen Büroarbeitsplatz beschriebene Kontext (unter anderem Desktop PC, statische Position, wenig Ablenkung) wirkte prägend auf die Anforderungen an das heute für Gestaltung von Benutzungsschnittstellen populäre WIMP-Paradigma. Diese Annahme spiegelt heute nur noch einen Ausschnitt der Benutzung digitaler Systeme. Insbesondere die Digitalisierung analoger Prozesse erfordert, dass Systeme ihre Benutzer in unterschiedlichsten Situationen unterstützen – Situationen, die nicht zwangsläufig den Kriterien eines Büroarbeitsplatzes genügen (Gentner & Nielsen, 1996).

Aus dieser Situation ergeben sich neue Anforderungen an die Erfassung, Verwaltung und Publikation von Content. CMS setzen dementsprechend Technologien zur Anpassung ihrer Dienstleistung an den Kontext einer Anfrage ein („Kontextualisierung“). Solche Systeme, die den Kontext ihrer Benutzer berücksichtigen, werden auch als „kontextsensitiv“ (context-aware) bezeichnet (Dey, 2001). Ein populäres Beispiel aus dem Feld der Web-Content-Management-Systeme (WCMS) stellt responsives Webdesign (Marcotte, 2011) dar. Letzteres konzentriert sich auf einen speziellen Kontext-Parameter des Benutzers – das Ausgabegerät. Deutliche Fortschritte bei der Erfassung von Kontext, u.a. durch Ausnutzung der Sensorik mobiler Endgeräte, lassen aber Aussagen über die Kontext-Parameter eines Benutzers zu, die über die technischen Merkmale des Endgeräts hinaus gehen. Zudem gilt es, Content zu identifizieren, der für einen Kontext qualifiziert ist (Kontext-Bindung durch „Kontext-Links“ nach Pasco, 1998).

Kontext-Management-Frameworks (Context Management Framework, CMF) trennen die Bearbeitung Kontext-bezogener Aufgaben von der Anwendung. Diese spezielle Ausprägung eines CMS behandelt Kontext selbst als Content. Sie bietet dedizierte Komponenten zum Management von Kontext (vgl. beispielsweise Boehm et al., 2008). Die angestrebte Herauslösung Kontext-relevanter Aspekte aus der Anwendung ist aus Sicht einer Anwendung im Bereich des Content-Managements aber durchaus fordernd. Bereits im Entwurfsprozess – einer Aufgabe des Content-Managements – kann Content mit Kontext verbunden werden, was eine getrennte Betrachtung von Content und Kontext erschwert (vgl. Boiko (2004), S. 45).

Verwandte Technologien sind Bestandteil von Forschungsarbeiten in Feldern von Mobile Computing bis hin zu Ambient Intelligence und befinden sich heute im Spannungsfeld zwischen Forschung und Anwendung. Lehre zu dieser Thematik muss sich mit einer Vielfalt involvierter Technologien und verschiedenartigen Anwendungsgebieten auseinandersetzen. Insbesondere die Einbindung praktischer Vertiefungsaufgaben oder die Realisierung von forschendem Lernen ist aufgrund des potentiell hohen Einarbeitungsaufwands seitens der Studierenden in Verbindung mit den zeitlich engen Grenzen eines Semesters fordernd. Erschwerend wirkt, dass die heterogenen Bildungsprofile heutiger Studierender einen Aufbau auf bestehendem Wissen nur eingeschränkt zulassen.

## 2 Zielsetzung

Im Rahmen anwendungsbezogener Forschung im Sommersemester 2018 wurde untersucht, wie Lehrveranstaltungen im Umfeld des Content-Managements die zuvor beschriebene Entwicklung aufgreifen können. Im Vordergrund standen aus der Verbindung von Content-Management und Kontext-Management resultierende konzeptionelle Fragen und deren praktische Erlebbarkeit für Studierende. Dabei verfolgte das Projekt folgende Ziele:

- 1) **Recherche:** Es sollte ermittelt werden, welche Kompetenzen das Verbinden von Kontext-Management und Content-Management erfordert.
- 2) **Realisierung:** Es sollten Technologien ermittelt und gegebenenfalls implementiert werden, die Studierende im Aufbau dieser Kompetenzen unterstützen.
- 3) **Lehrkonzept:** Eine Lehrveranstaltung sollte auf Basis der so gewonnenen Erkenntnisse methodisch weiterentwickelt werden. Im Vordergrund sollte dabei der Umgang mit den involvierten Technologien stehen.

## 3 Arbeitsplan

Aktivitäten im Rahmen des Projekts lassen sich in die folgenden Arbeitspakete (AP) untergliedern.

### 3.1 AP Recherche

Thema des Arbeitspakets war die Überprüfung von in der Lehre zu vermittelnden Kompetenzen im Feld kontextsensitiver Anwendungen mit Schwerpunkt Content-Management. Weiterhin sollten Werkzeuge untersucht werden, die solche Kompetenzen erlebbar machen.

#### 3.1.1 Lehrkonzepte

Ein wesentliches Ziel des Projekts bestand darin, die gewonnenen Erkenntnisse für die Lehre zu erschließen. Es war daher von Interesse zu ermitteln, wie das Thema Kontext in der Lehre behandelt wird. Aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingungen des Projekts haben die diesbezüglichen Recherchen den Charakter einer Stichprobe.

### **3.1.1.1 Austausch mit anderen Forschungsgruppen**

Zum Abgleich der Inhalte vom Projekt berührter Lehrveranstaltungen fanden Arbeitstreffen mit Forschern und Hochschullehrern statt, deren Tätigkeit in angrenzenden Feldern zu sehen ist. Die Ergebnisse dieser Treffen sind aufgrund des begrenzten Austauschs nicht repräsentativ, erwiesen sich aber für das Projekt als wertvoll zur Konkretisierung und Umsetzung der Projektziele.

In einem Treffen mit Mitarbeitern des Lehrstuhls von Prof. Dr. Wolfgang Wahlster (Universität des Saarlandes) und des Forschungsbereichs Intelligente Benutzerschnittstellen (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) wurde die Vermittlung der Rolle von Kontext in Informationssystemen diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde die besondere Bedeutung von Emotionen als Aspekt des Kontexts eines Benutzers identifiziert. So kann beispielsweise der emotionale Kontext eine Neubetrachtung der Situation erfordern. Weiterhin wurde die Frage erörtert, ob und wann man aus Sicht einer Anwendung die zur Beurteilung einer Situation erforderlichen Kontext-Parameter als vollständig betrachten kann. Mit Blick auf technische Grenzen von Sensortechnik (etwa zur Erfassung von Emotionen) und der subjektiven Natur von Kontext (vgl. hierzu Pascoe, 1998) scheint diese Frage nicht abschließend bewertbar, was Fragen bezüglich der Verlässlichkeit maschineller Schlussfolgerungen zum Informationsbedarf des Benutzers aufwirft. Daher wurden im Anschluss Ansätze diskutiert, wie man Studierende für diese Problematik sensibilisieren und Lösungsansätze – beispielsweise in Form einer maschinengestützten Introspektion (vgl. Kröner et al., 2008) – aufzeigen kann.

Für das Projekt folgte aus diesen Erkenntnissen, dass Lehrveranstaltungen in diesem Themenfeld Studierende dazu animieren sollten, die Natur und Vollständigkeit von Kontext explizit zu hinterfragen – was Eingang in die Überarbeitung der Lehrmaterialien fand (vgl. „AP Lehrkonzept“).

Ein weiteres Treffen mit Vertretern der Fachhochschule Trier (Umwelt-Campus Birkenfeld, Fachbereich Umweltplanung/-technik) fokussierte Lehr- und Prüfungsformen in Fächern mit praktischen Softwareentwicklungsaufgaben. Diskutiert wurde unter anderem das Heranführen Studierender an Methoden wissenschaftlichen Arbeitens durch softwaretechnische Übungen. Als Beispiel dienten hier „Game of Life“ (FH Trier) und „Fitts' Experiment“ (TH Nürnberg). Im Bereich der Prüfungen wurden Vor- und Nachteile elektronischer Prüfungen besprochen sowie Erfahrungen zu Multiple-Choice und Lücken-Code als Prüfungsformen für große Gruppen ausgetauscht. Abschließend wurden Hörsaalumfragen als Methode zur Wissensstandkontrolle für große Gruppen besprochen.

Der Austausch unterstrich die Bedeutung einer interaktiven und praktischen Auseinandersetzung mit dem Thema der Lehre. Für das Projekt wurde die Notwendigkeit erkannt, für die theoretischen Aspekte des Themas Kontext geeignete praktische Aufgaben zu identifizieren.

### **3.1.1.2 Kontextsensitive Anwendungen**

Studierende sollen den Nutzen von Kontextsensitivität für gegebene Anwendungsfälle einschätzen können. Im Rahmen des Projekts galt es, den im Fach „Ubiquitäre Informationsdienste“ genutzten Pool an Anwendungsbeispielen zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen. Zu diesem Zweck wurde der Stand der Technik im Bereich der Anwendung verwandter Technologie recherchiert. Es folgt ein Überblick von Anwendungsbereichen, die im Zuge dieser Aktivität anhand der Literatur definiert wurden. Die jeweils aufgeführten Quellenangaben liefern nicht zwingend eine umfassende Definition des Bereichs, sondern sind als Beispiele zu verstehen.

- Digitale Erweiterung physischer Lebensräume zur Stärkung sozialer Gemeinschaft: Die Einbettung digitaler Interaktionsmöglichkeiten in von Gruppen gemeinsam genutzten Lebensräumen kann den Zusammenhalt der betroffenen Gruppe befördern – z.B. in Form interaktiver Public Displays (Memarovic et al., 2013).

- Lernen am Arbeitsplatz: Schnelle Wechsel in Technologie und Abläufen treffen auf eine alternde Gesellschaft. Im Arbeitsumfeld integrierte Technologie zur Erfassung von Abläufen in Verbindung mit modernen Lehrmethoden ermöglicht hier neue Ansätze zu lebenslangem Lernen, beispielsweise durch Gamification (Göschlberger & Bruck, 2017).
- Unterstützung der Pflege von Patienten mit Demenz: Patienten mit Demenz profitieren von einer ihnen vertrauten Umgebung, benötigen aber zugleich eine intensive Betreuung. Ubiquitäre Technologie kann hier die Kommunikation von Pflegepersonal und Patienten stärken, z.B. in der Protokollführung (Cruz et al., 2016).
- Das digital erweiterte Museum: Museen formen einen physischen Raum, dessen Artefakte mit umfangreichen Informationen verknüpft werden können (etwa zu Fundort, Anwendung). Informationstechnologie kann sowohl die organisatorische Verwaltung solcher Räume unterstützen als auch die Erfahrung des Besuchers, etwa durch eine individuelle Führung (Roes et al., 2009).
- Participatory Sensing zur Umweltbeobachtung: Die Analyse großräumiger Entwicklungen in unserer Umgebung (z.B. Luftqualität, Verkehrsfluss) erfordert eine umfassende Datenerfassung. Durch die hohe Verfügbarkeit von Sensortechnik (z.B. in Form von Smartphones) kann diese Aufgabe auf zahlreiche Nutzer verteilt werden – etwa die Einwohner einer Smart City (Sigg & Fu, 2014).
- Smarte Fassaden: Durch eingebettete Technik können die Fassaden von Gebäuden zu einem Interaktionskanal werden, dessen Auswirkungen ästhetischer, sozialer und kultureller Natur sein können (Telhan et al., 2010).
- Digitaler Zwilling: Im Bereich der Smart Factory dient der digitale Zwilling als virtuelles Gegenstück physischer Komponenten der Fabrik. Abhängig von der Genauigkeit und Aktualität der Verbindung von Gegenstand und virtueller Repräsentation entstehen so neue Möglichkeiten, beispielsweise zur Steuerung einer Fabrikationsanlage (Kritzler et al., 2017).
- Benutzererlebnis für digital verbundene Produkte: Physische Produkte können mit digitalen Erweiterungen neue Funktionen bereitstellen. Die Konzeption des Benutzererlebnisses solcher smarter Produkte birgt in sich eigene Herausforderungen, da durch die Erweiterung nicht nur Mehrwerte entstehen, sondern auch Komplexität geschaffen wird (Rowland, 2018).

### 3.1.2 Software-Frameworks

Die Arbeitsplanung des Projekts basierte auf der Überlegung, dass die mit dem Ziel „Realisierung“ verbundenen Ergebnisse in weiten Teilen durch die Anwendung, Modifikation und Kombination bestehender Lösungen aus den Bereichen Content-Management-Systeme und Kontext-Management-Frameworks erreicht werden sollten. Dies erforderte eine Betrachtung des Stands der Technik in diesen Bereichen.

#### 3.1.2.1 Content-Management-Systeme

Folgt man den Betrachtungen von Floréen et al. (2005) zur Architektur eines CMF, dann stellt ein CMS eine Kontext nutzende Anwendung dar („Context Consumer“). Eine solche Anwendung muss in der Lage sein, den vom CMF gelieferten Kontext auf ihre Funktionen abzubilden – nach Boiko (2004) im Fall eines CMS das das Sammeln, Organisieren und Veröffentlichen von Content. Damit stellt sich die Frage, wie ein gegebenes CMS um diesen Aspekt des Context-Managements ergänzt werden kann.

**Internes Kontext-Management:** Besteht die Möglichkeit der technischen Erweiterung eines CMS, dann kann im Idealfall das CMS so verändert werden, dass es von einem CMF übermittelte Kontext-Parameter direkt zur Kontextualisierung seiner eigenen Prozesse und Datenstrukturen nutzt. Hier gilt es zu untersuchen, welche grundlegenden Modifikationen dieser internen Strukturen die Einbindung eines CMF begünstigt.

**Externes Kontext-Management:** Ein CMS bietet nicht zwangsläufig die Möglichkeit einer Erweiterung. Neben technischen Gründen kann dies auch organisatorische Ursachen haben. Eine Anwendung kann beispielsweise eines oder mehrere CMS als Dienste nutzen. Aus Sicht der Anwendung ist das CMS dann eine nicht modifizierbare „Black Box“. Hier stellt sich die Frage, ob die zur Kontextualisierung nötigen technischen Maßnahmen auch außerhalb des CMS realisiert werden können.

**Schlussfolgerung:** Da beide Ansätze potentielle technische Rahmenbedingungen in der Praxis darstellen, sollten in AP „Realisierung“ beide Ansätze weiterverfolgt werden.

### 3.1.2.2 *Kontext-Management-Frameworks*

Die dedizierte Verwaltung von Kontext-Parametern ist als Problem nicht neu. Insbesondere im Umfeld des Internets der Dinge („Internet of Things“, IoT) finden sich Lösungen, die speziell zur Verwaltung von Sensordaten entwickelt wurden – und damit potentiell als Ansatzpunkt zur praktischen Arbeit mit Kontext dienen können.

Im Rahmen des Arbeitspakets sollten solche Lösungen ausgewählt und hinsichtlich eines möglichen Einsatzes in der Lehre bewertet werden. Im Vordergrund standen dabei folgende Kriterien:

- **Lizenzmodell:** Im Rahmen der Lehre muss ein Framework über einen mehrjährigen Zeitraum betrieben werden können, um den Aufwand der Verzahnung mit Lehrmaterialien zu rechtfertigen. Weiterhin muss ein Lizenzmodell dem variablen Bedarf in der Lehre gerecht werden (insbesondere einer schwankenden Zahl an Studierenden).
- **Datenspeicherung:** Da potentiell persönliche Daten von Studierenden erfasst würden, muss die Datenspeicherung den Regeln der Datenschutzgrundverordnung genügen.

Es wurden folgende Frameworks untersucht:

- **Microsoft Tags Framework** ist ein Cloud-basierter Dienst, der es ermöglicht, Content für High-Capacity-Color-Barcodes („Tags“) zu hinterlegen (Microsoft, 2007).
- **Xively** ist eine IoT-Plattform, die einen zentralen Cloud-basierten Dienst zur Erfassung von Verarbeitung der von IoT-Endgeräten gelieferten Information realisiert. Die Plattform unterstützt durch Client-Software die Anbindung verschiedener IoT Endgeräte (Xively, 2018).
- **IoTool** gleicht in seiner Ausrichtung Xively. Betont wird die Möglichkeit, ein Smartphone als Gateway zum Internet der Dinge zu nutzen (IoTool, 2018).

Die gesichteten Frameworks sind nicht quelloffen und Cloud-basiert. Dies erwies sich im Umfeld der im Projekt betrachteten Lehrveranstaltungen als ungünstig. Am Beispiel des Microsoft Tags Frameworks wird dieser Sachverhalt deutlich. Das Framework konnte nach Registrierung kostenfrei genutzt werden und war somit für Studierende in eigenen Projekten nutzbar. In der Vorlesung UbIS wurde es vorgestellt, um am Beispiel der Verbindung von mit Tags markierten Gegenständen Aspekte der Systemarchitektur solcher Dienste zu illustrieren. Microsoft stellte den Dienst am 19.08.2015 ein; Nutzern wurde nahegelegt, zur kommerziellen Plattform ScanLife zu wechseln (Bernard, 2013). Seitdem ist der Dienst nicht mehr frei verfügbar. Da er weder quelloffen noch lokal installierbar war, konnte er nicht weiter betrieben werden – und darauf aufbauende Übungsaufgaben konnten nicht länger von Studierenden bearbeitet werden.

Als problematisch erwies sich die Qualität der angebotenen Lizenzen. Xively bot vor dem Projektstart die Möglichkeit, mittels einer App ein Smartphone als Sensor zur Erfassung von Umgebungsparametern einzusetzen, die dann in dem Framework zur weiteren Verwendung abgelegt wurden. Das Lizenzmodell begrenzte zu diesem Zeitpunkt die Anzahl der Aufzeichnungen in einem Rahmen, der für einfache Demonstrationen und Übungsaufgaben durchaus ausreichend erschien. Xively wurde Bestandteil der

Google Cloud Platform. Das Lizenzmodell wurde umgestellt. Ausgehend vom Stand August 2018 ist eine kostenfreie Nutzung möglich, allerdings beschränkt auf ein Guthaben von 300\$ und 12 Monate Laufzeit (Google, 2018). Für den Einsatz in einer jährlich sich wiederholenden Lehrveranstaltung scheint dieses Modell nur bedingt geeignet. Potenziell problematisch aus Sicht der Datenschutz-Grundverordnung (EU, 2016) ist zudem die Datenhaltung. Diese erfolgt auf den Servern von Google und findet daher potentiell im Ausland statt.

IoTool bietet ein der Google Cloud Platform ähnliches Lizenzmodell. Potenziell für die Lehre interessant ist hier die Möglichkeit, ein Smartphone in Verbindung mit der IoTool App zum Zweck der Datensammlung und Analyse zu nutzen („IoTool Free“, vgl. IoTool, 2018). Die Verwendung der Programmierschnittstelle und die Zugriffsmöglichkeiten auf die Cloud Plattform sind allerdings eingeschränkt, was für den im Projekt untersuchten Ansatz der Verbindung eines solchen Systems mit einem CMS potentiell hinderlich ist. Weiterhin besteht wie bei den zuvor beschriebenen Systemen das Problem, dass die Datenhaltung nicht unter Kontrolle der Hochschule ist.

**Schlussfolgerung:** Um den Betrieb und die Einsehbarkeit des zu verwendenden Frameworks für Studierende von wechselnden Geschäftsmodellen externer Dienstbetreiber zu entkoppeln, sollte in AP „Realisierung“ ein Prototyp entwickelt werden, der grundlegende Funktionen der hier beschriebenen Frameworks realisiert.

## 3.2 AP Realisierung

Im Fokus des Arbeitspaketes stand der Aufbau eines Kontext-Management-Frameworks für Content-Management-Systeme. Die damit verbundenen Implementierungsarbeiten zielten auf die Entwicklung von Prototypen ab. Diese sind in ihrer Funktionalität auf elementare Funktionen beschränkt.

Als Grundlage der folgenden Systementwicklung wurde zunächst untersucht, welche aktuellen Vokabulare sich (insbesondere aus Sicht von Verbreitung und Akzeptanz) zur Modellierung von Kontext-Parametern besonders eignen. Darauf aufbauend wurden den Überlegungen in Kapitel 3.1.2 folgend zwei Formen des Kontext-Managements realisiert.

### 3.2.1 Kontext modellieren

Die Beschreibung von Kontext („Kontext-Modell“) kann komplex ausfallen. Zur Beschreibung eines Ortes kann man beispielsweise dessen Namen heranziehen, die Straßenadresse oder auch die zugehörigen GPS-Koordinaten. Die Eignung der Beschreibung richtet sich stark nach dem Bedarf der Anwendung. Da ein CMF unabhängig von Anwendungen zu sehen ist, galt es, Kontext in gleicher Weise unabhängig von der Anwendung zu modellieren.

Im Vorhaben galt es, bereits etablierte Modelle zur Modellierung und Repräsentation von Kontext-Parametern auf ihre Nutzbarkeit in zu Lehrzwecken geschaffenen Prototypen zu prüfen. Es wurde eine Recherche zu Modellen für grundlegende Kontext-Parameter durchgeführt, die in den zum Zeitpunkt des Vorhabens gängigen Suchmaschinen potentiell Einsatz finden.

Im Vorhaben standen WCMS als Anwendung im Vordergrund. Diese halten Webseiten statisch vor oder erzeugen diese dynamisch aus gegebenem Content. Zur Unterstützung der Analyse von Webseiten durch Webcrawler (insbesondere durch Suchmaschinen) werden diese mit standardisierten Metadaten ausgezeichnet.

<code>"actor": "http://www.test.de/jdoe"</code>	<code>"actor": {   "type": "Person",   "id": "http://www.test.de/jdoe",   "name": "John Doe",   "url": "http://example.org/jdoe" }</code>
---	---

**Abbildung 1: Kontext-Parameter Agent (im vorliegenden Vokabular „actor“), modelliert in unterschiedlichen Detailstufen mittels W3C Activity Streams 2.0.**

Dieser Ansatz bietet eine Möglichkeit, Kontext-Links in Webseiten zu platzieren. Es wurde daher untersucht, ob und welche Kontext-Parameter mittels bestehender Vokabulare für Metadaten von Webseiten ausgedrückt werden können. Näher betrachtet wurden die Vokabulare von [schema.org](http://schema.org)<sup>1</sup> sowie das JSON Activity Model (Snell et al., 2011) und die darauf aufbauende Spezifikation W3C Activity Streams 2.0 (Snell & Prodromou, 2017).

Im Vordergrund stand die Modellierung primärer Kontext-Parameter, also Agent, Ort, Zeit, Aktivität nach Dey und Abowd (1999). Alle betrachteten Vokabulare unterstützen explizit ein Modellieren dieser Parameter. Ebenso ist allen Vokabularen gemeinsam, dass ein Parameter in unterschiedlicher Granularität modelliert werden kann (s. Abbildung 1).

Das von [schema.org](http://schema.org) bereitgestellte Vokabular zielt auf eine Semantic-Web-konforme Auszeichnung (etwa mittels Microformats oder RDFs) von Webseiten. Dementsprechend zeichnet es sich durch eine hohe Ausdrucksstärke aus. Durch Anwendung des Vokabulars wird ein (die Bedeutung tragender) Graph in die HTML-konformen Strukturen einer Webseite eingebettet. In Konsequenz erfordert die Annotation von Content Kenntnisse von HTML genauso wie der semantischen Strukturen.

W3C Activity Streams 2.0 baut auf JSON Activity Model auf. Im Vordergrund stehen die Modellierung der Aktivitäten von Social-Media-Nutzern und die Repräsentation dieser Aktivitäten in einem Datenstrom. Die Ausdrucksstärke des Vokabulars ist deutlich gegenüber [schema.org](http://schema.org) reduziert. Zudem ist es strukturell einfacher gehalten, da es nicht mit dem Content verwoben ist. Beide Vokabulare unterscheiden sich marginal syntaktisch. Vorteilhaft aus Sicht der Akzeptanz erscheint die Verwendung einer Terminologie, die deutliche Bezüge zum Vokabular von [schema.org](http://schema.org) aufweist.

Für die Realisierung der Prototypen im Rahmen des Vorhabens wurde entschieden, ein einfach gehaltenes Vokabular zu verwenden, dessen Terminologie den untersuchten Vokabularen stark ähnelt und somit eine maschinelle Abbildung befördert. Eine vollständige Abbildung eines der Vokabulare schien mit Blick auf die im Projekt einfach gehaltenen Anwendungsfälle (vgl. Kapitel 3.3.1.2) nicht erforderlich, wäre aber auf Basis der gewählten Technologie umsetzbar. Die jeweils gewählte Repräsentationsform wird im Kontext der jeweiligen Prototypen erläutert.

### 3.2.2 Internes Kontext-Management

Ausgangspunkt bildet die Aufgabe, den Content-(Delivery-)Service eines erweiterbaren Web-CMS (WCMS) an den Kontext einer Content-Anfrage anzupassen.

Als technische Plattform wurde das System WordPress gewählt. Die Wahl wurde motiviert durch Vorkenntnisse des Autors zu dieser Plattform, die deren hohe Erweiterbarkeit bestätigen. Weiterhin dient die Plattform im Fach „Grundlagen Content-Management-Systeme“ des Autors zur Durchführung praktischer Übungen zu Content-Management-relevanten Aspekten. Letzteres begünstigt eine Verwertung von Erkenntnissen aus dem Projekt in diesem Fach.

<sup>1</sup> [schema.org](http://schema.org) ist das Ergebnis einer Initiative von Google, Inc., Yahoo, Inc., Microsoft Corporation und Yandex, vgl. [schema.org](http://schema.org) (2018).

Angestrebt wurde eine funktionale Erweiterung dieser Plattform. Die Erweiterung sollte den im Folgenden genannten Anforderungen genügen.

- WordPress soll die Auszeichnung von Content mit Kontext-Links unterstützen. Motiviert wird diese Anforderung durch die Notwendigkeit, die Abbildung von Kontext in einer Anfrage auf vom System verwalteten Content zu befördern.
- WordPress soll Benutzern mit den Berechtigungen eines Autors die Erstellung von Content-Links ermöglichen. Mit Blick auf die Verwendung der Erweiterungen durch Studierende soll es auch mit eingeschränkten Berechtigungen möglich sein, die Funktionalität der Erweiterungen zu erkunden.
- WordPress soll mit Kontext angereicherte Anfragen auf mit Kontext-Links ausgezeichneten Content abbilden. Im Vordergrund steht hier die Anfrageverarbeitung der Plattform, die Kontext annehmen und verwerten soll.
- WordPress soll eine Ausgabe bieten, die inhaltlich auf dem durch die Anfrage vorliegenden Kontext basiert, und sich aus Sicht der Präsentation in die Theme-Technologie einfügt. Die Anforderung setzt die Antwort des Systems auf eine um Kontext erweiterte Anfrage in den Vordergrund. Im Speziellen soll darauf geachtet werden, dass die Präsentation einer Kontext-bezogenen Ausgabe dem Betreiber einer WordPress-Instanz die Möglichkeit offen lässt, nach Belieben die durch das Theme realisierte Präsentationsschicht des Systems zu verändern.
- WordPress soll, falls keine Kontextinformation vorliegt, normal betrieben werden können. Diese Anforderung soll die Akzeptanz der Erweiterung befördern, da ein produktives System so schrittweise in ein kontextsensitives System transformiert werden kann.

Im Fall von WordPress kann eine funktionale Erweiterung erfolgen durch direkte Erweiterung der quell-offenen Plattform (nicht empfohlen aufgrund potentieller Konflikte in Folge von Systemaktualisierungen), durch Themes (Präsentationsaspekte und Präsentationslogik) sowie durch Plugins. Letzterer Ansatz wurde gewählt.

Nebenbedingung der Realisierung war das Ziel, durch eine Aufteilung von Aufgaben auf mehrere Plugins Kontext-bezogene Anliegen so zu trennen, dass die entsprechende Funktionalität leicht zu pflegen ist und vom Betreiber einer Installation inkrementell ergänzt werden kann.

Weiterhin sollte als Ausgangspunkt praktischer Arbeiten Studierender eine Anwendung entwickelt werden, die das integrierte Kontext-Management nutzt. Die Wahl fiel auf ein interaktives Public Display zur Anzeige seminaristischer Inhalte (vgl. auch Kapitel 3.1.1.2). Technische Details dieser Anwendung folgen in Kapitel 3.3.1.

Es folgt eine Beschreibung der im Rahmen des Projekts entwickelten Plugins. Im Zuge der Dokumentation werden technische Begriffe des WordPress-Handbuchs verwendet („WordPress Codex“), das zu diesen weiterführende Erläuterungen bietet (vgl. WordPress.org, 2018).

### **3.2.2.1 Context-Linking**

Das Plugin realisiert grundlegende Funktionalität zur Realisierung und Nutzung von Kontext-Links. Es ist unabhängig lauffähig von den darüber hinaus realisierten Plugins und nicht an spezielle Typen von Content (im Fall von WordPress „Post Types“) gebunden.

**Kontext-Parameter:** Syntax und Semantik der vom Plugin verwalteten Kontext-Parameter sind angelehnt an die Modellierung einer Handlung („Action“) gemäß dem Vokabular von schema.org (2018). „Action“ wurde gewählt, da die zu realisierten Beispiele für die Lehre Benutzer anhand ihres Handlungskontexts unterstützen sollen.



```
<span itemscope itemtype="http://schema.org/PerformAction">On May 28, 2018, from <span itemprop="startTime" content="2018-02-21T15:45:00">15:45</span> to <span itemprop="endTime" content="2018-02-21T17:15:00">17:15</span><span itemprop="agent">Alexander Kröner</span> reports in <span itemprop="location" itemscope itemtype="http://schema.org/Place"><span itemprop="name">HQ.007</span></span> about the topic "Sharing everyday actions".</span>
```

**Abbildung 2:** Das Beispiel zeigt einen HTML-Code-Auszug, der um Microdata semantisch angereichert wurde. Im Beispiel wurden der Typ der Aktion (**itemtype**), die Anfangszeit (**startTime**) und Endzeit (**endTime**), der Agent (**agent**) und der Ort (**location**) im Content ausgezeichnet.

Die Implementierung definiert die im Folgenden aufgeführten Parameter; als Werte werden vom System unstrukturierte Daten erwartet.

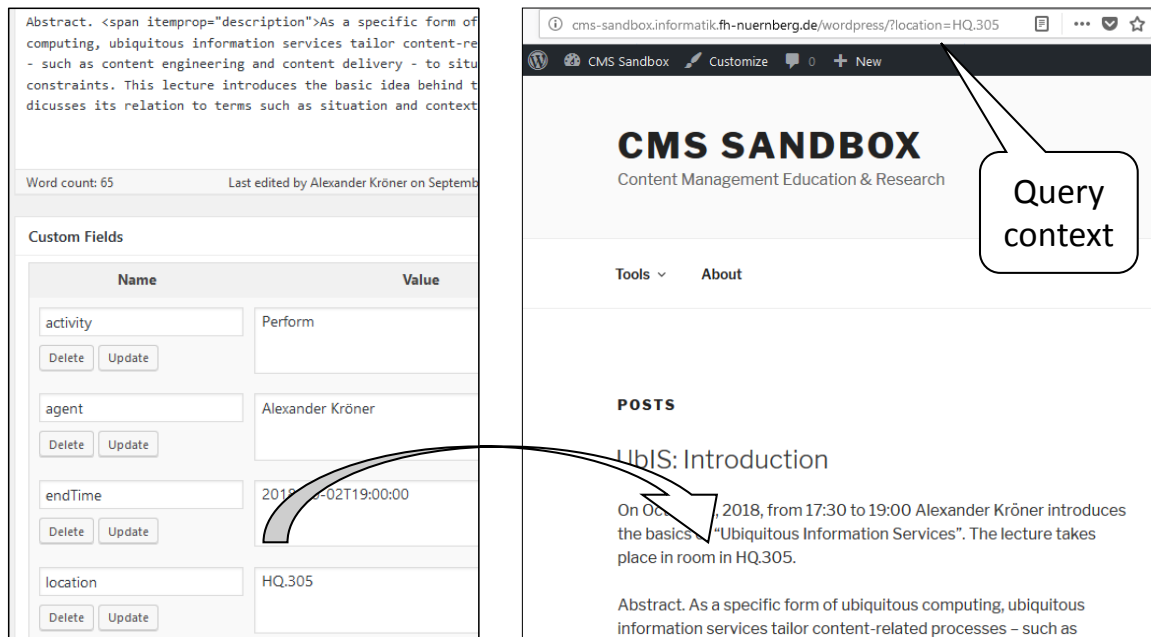
- **startTime:** Lokale Zeit, an der die Situation beginnt. Der Wert wird notiert in der Form YYYY-MM-DDThh:mm:ss (vgl. Klyne & Newman, 2002).
- **endTime:** Lokale Zeit, an der die Situation endet.
- **location:** Bezeichner eines Orts (String).
- **agent:** Bezeichner eines Akteurs (String).
- **activity:** Bezeichner einer Aktivität gemäß schema.org. Werte werden vereinfacht dargestellt – `http://schema.org/PerformAction` wird beispielsweise verkürzt zu `Perform`. Dies dient der Annäherung der Notation an Action Types gemäß W3C Activity Streams.

Die Parameter sind in der Konfigurationsdatei des Plugins explizit festgehalten. Die Repräsentation in Form eines Array erlaubt die einfache Ergänzung weiterer Parameter. Diese erfordert eine Modifikation des Quellcodes, wäre aber auf dieser technischen Basis auch dynamisch zur Laufzeit realisierbar.

Die Beschränkung des Werte-Modells auf unstrukturierte Daten bedeutet eine Einschränkung gegenüber den Modellen von schema.org und W3C Activity Streams – beide lassen alternativ auch strukturierte Werte zu. Die Einschränkung dient vorrangig der Vereinfachung der zugrundeliegenden Konzepte, was praktische Arbeiten befördern soll (vgl. Kapitel 3.3.1.1). Werden dennoch strukturierte Werte benötigt, so müssen diese aufgrund der Anfrageverarbeitung von WordPress als HTTP-Query-Parameter serialisiert werden.

**Kontext-Links:** Technisch realisiert wurden Kontext-Links durch sogenannte „Custom Fields“ – also Metadaten, die WordPress allgemein an Content-Components (hier auch als „Posts“ bezeichnet) gestattet. Diese können von Autoren frei durch entsprechende Felder in der Autorenschnittstelle definiert werden. Das Plugin schränkt diesen Vorgang auf Ebene der Definition nicht ein – es ist also den Autoren überlassen, ob sie Kontext definieren.

Das Plugin realisiert zusätzlich die Möglichkeit, Kontext-Links halbautomatisch zu definieren durch Analyse des Content. Voraussetzung ist die Auszeichnung des Content mit Microdata (Abbildung 2). Zu diesem Zweck werden Posts bei Abspeicherung mittels XPath-Selektoren evaluiert. Liefern diese Selektoren ein nichtleeres Ergebnis, dann wird dieses in Custom Fields überführt (Abbildung 3, links). Bestehende Werte werden überschrieben. Die hier verwendeten Selektoren können von Administratoren des Plugins durch eine Erweiterung der Administrationsschnittstelle frei für jeden Kontext-Parameter definiert werden. Die Eingabe von Microdata durch Autoren erfordert, dass diese HTML-Code über die Autorenschnittstelle eingeben können. Im Default-Verhalten von WordPress ist dies Nutzern in der



**Abbildung 3:** Kontext wird aus dem Text (links oben) extrahiert und in Custom Fields (links unten) überführt; diese können als Kontext bei Anfragen (rechts oben) angegeben werden zur Selektion passender Inhalte (rechts unten).

Rolle „author“ nicht gestattet. Daher weist das Plugin Autoren diese Fähigkeit explizit zu. Wird das Plugin deaktiviert, wird diese Fähigkeit aus der Rolle entfernt. Diese Implementierung kann Seiteneffekte mit anderen Plugins produzieren.

**Anfrageverarbeitung:** Die Extraktion von Kontext aus in WordPress eingehenden Anfragen erfolgt durch eine Erweiterung der WordPress-eigenen Anfrageverarbeitung („WP Query“), die als Abstraktionsschicht der eigentlichen SQL-Datenbank von WordPress fungiert. Das Plugin meldet die Kontext-Parameter im Vorfeld in der Anfrageverarbeitung als (HTTP-)Query-Parameter an. Geht eine Anfrage ein, dann werden die Parameter extrahiert (vgl. Abbildung 3, rechts). Es folgt eine Parametrierung der WP Query.

Fehlt in einer Anfrage einer der Kontext-Parameter, dann sind Posts qualifiziert unabhängig vom Wert ihres Kontext-Links zu diesem Parameter. Ist der Wert eines Parameters der Anfrage „default“, dann prüft das Plugin anhand des Parameter-Namens die Existenz einer Funktion zur Berechnung des Default-Werts (z.B. für den Parameter `startTime` die Existenz der Methode `default_startTime`) und ruft diese gegebenenfalls zur Werte-Bestimmung auf. Existiert die Funktion nicht, dann wird der Wert als undefiniert betrachtet.

Als Default-Verhalten werden Kontext-Parameter unverändert als Name-Wert-Paare weitergeleitet, die dann letztlich auf Custom Fields abgebildet werden. Optional bietet das Plugin die Möglichkeit, für einen Parameter eine individuelle Konvertierungsfunktion zu definieren. Die Wahl der Funktion erfolgt auf Basis eines Namens, der aus dem Namen des Parameters konstruiert wird (z.B. `link_startTime`).

In der Implementierung sind diese Konvertierungsfunktionen definiert für die Parameter `startTime` und `endTime`. Beide Parameter werden bei Angabe einer verschobenen Zeitzone in UTC umgerechnet, die WordPress als Grundlage temporaler Vergleiche dient. Wird eine verschobene Zeitzone als Context-Link an einem Post definiert, so wird die Zeitzone ignoriert – ein potentiell zu ändernder Aspekt.

### 3.2.2.2 Anwendung „Public Display“

Hintergrund bildet das Content-Management eines Public Displays. Solche Displays finden Einsatz, wenn Nutzer im öffentlichen Raum mit Information versorgt werden sollen. Im Allgemeinen werden sie in einem statischen geographischen Kontext installiert, dessen Umgebung anwendungsspezifische Kontext-Parameter definieren kann – z.B. ein fest installiertes Display zur Anzeige von Werbung in einem Einkaufszentrum. Public Displays werden als Technologie thematisiert in der Lehrveranstaltung „Ubiquitäre Informationsdienste“.

Im Projekt wurde für WordPress ein Plugin entwickelt, das die virtuelle Definition von Public Displays ermöglicht.

**Content-Modell:** Das Content-Modell von WordPress wurde erweitert um neue Content-Typen („Custom Post Types“). Der Typ `public-display` repräsentiert ein Public Display, der Typ `topic-description` den Typ möglicher Inhalte. Instanzen beider Typen können mittels einer Erweiterung der WordPress-Administrationsschnittstelle von Autoren angelegt werden. Damit verbunden ist die Möglichkeit, solche Instanzen an einen Kontext (mittels des Context-Linking-Plugins) zu binden.

Einer Instanz von `public-display` kann mittels eines Custom Fields der Bezeichner (numerisch oder WordPress Slug) eines Posts vom Typ `topic-description` explizit zugeordnet werden („Default-Content“). Dieser Content wird nur verwendet, wenn keine Präsentationsaufgabe für den geographischen Kontext der Instanz vorgefunden wird. Solche Aufgaben bestehen aus der Verbindung des Bezeichners eines Orts und des Bezeichners einer Instanz von `topic-description`. Diese Aufgaben werden gespeichert in der von WordPress verwalteten Konfiguration des Plugins („WP Option“). Eine Erweiterung der von WordPress gebotenen AJAX-Schnittstelle ermöglicht die Zuweisung neuer Präsentationsaufgaben. Von einer weitergehenden Definition von Präsentationsaufgaben (etwa Ablaufplanung oder Synchronisation mit anderen Präsentationskanälen) wurde im Projekt abgesehen, eine entsprechende Erweiterung ist aber durchaus realisierbar.

Die Einschränkung des Public Displays auf die Anzeige von Instanzen des Typs `topic-description` ist nicht technisch motiviert, sondern dient der Vereinfachung der Administration studentischer Aktivitäten. Falls andere Content-Typen vom Public Display angezeigt werden sollen, kann deren Typ in der Konfiguration des Plugins angegeben werden.

**Präsentation:** Die neu eingeführten Content-Typen müssen in die Präsentationsschicht von WordPress explizit eingebunden werden. Grundlage bildet eine Erweiterung des von WordPress verwendeten Template-Ansatzes zur Ausgabegenerierung. Ein dediziert dem Typ `public-display` zugeordnetes Template erzeugt dessen Präsentation. Es wird bei Start des Plugins (Hook `init`) mit dem aktuellen Theme verbunden. Als Content wählt eine im Template platzierte Erweiterung der WordPress-Ausgabeschleife („WP Loop“) den zugeordneten Inhalt. Das Template kontrolliert mittels JavaScript und der WordPress-AJAX-Schnittstelle kontinuierlich, ob sich der Bezeichner des zugeordneten Inhalts verändert. Trifft dies zu, so wird der Inhalt neu geladen. Veränderungen des Inhalts bei Beibehaltung des Bezeichners werden aus Gründen der Vereinfachung nicht überwacht.

### 3.2.2.3 Anwendung „Remote Control“

Public Displays erlauben dem Betrachter unter Umständen keinen Eingriff in die Prozesse zur Wahl und Aufbereitung von Content – sie sind dann nicht interaktiv. Dies lässt sich ändern, indem man Eingabekanäle schafft, die dem zugeordneten CMS Information über den Informationsbedarf des Betrachters übermittelt. Eine aus der Literatur bekannte Form solcher interaktiven Public Displays basiert auf der Verbindung von Public Display und Smartphone (z.B. Memarovic et al., 2013). Dieser Ansatz sollte für

Studierende erleb- und untersuchbar werden durch ein Plugin, das Präsentationenaufgaben für einen Kontext definiert. Durchgeführt werden diese Aufgaben durch Instanzen von `public-display`.

**Content-Modell:** Ein Typ `remote-control` dient der Verwaltung von Fernsteuerungen für Public Displays. Instanzen können von Autoren mittels einer Erweiterung der Administrationsschnittstelle angelegt und verwaltet werden. Durch Einbindung des Context-Linking-Plugins können Autoren Kontext-Parameter zuweisen, die der Selektion der Inhalte in der Präsentation dienen.

**Präsentation:** Die Präsentation erfolgt analog dem Typ `public-display` durch ein eigenes Template. Das Template nutzt eine Erweiterung der WP Loop zur Wahl und Anzeige (der Titel) aller Instanzen vom Typ `topic-description`, die dem Kontext der Fernsteuerung entsprechen. Wählt der Benutzer eine Instanz, dann wird eine Präsentationenaufgabe für den geographischen Kontext (Parameter `location`) der Fernsteuerung definiert. Dies erfolgt unter Verwendung der AJAX-Schnittstelle des Public-Display-Plugins.

### 3.2.3 Externes Kontext-Management

Ausgangspunkt bildet die Aufgabe, den Content-(Delivery-)Service eines nicht erweiterbaren Web-CMS (WCMS) an den Kontext einer Content-Anfrage anzupassen.

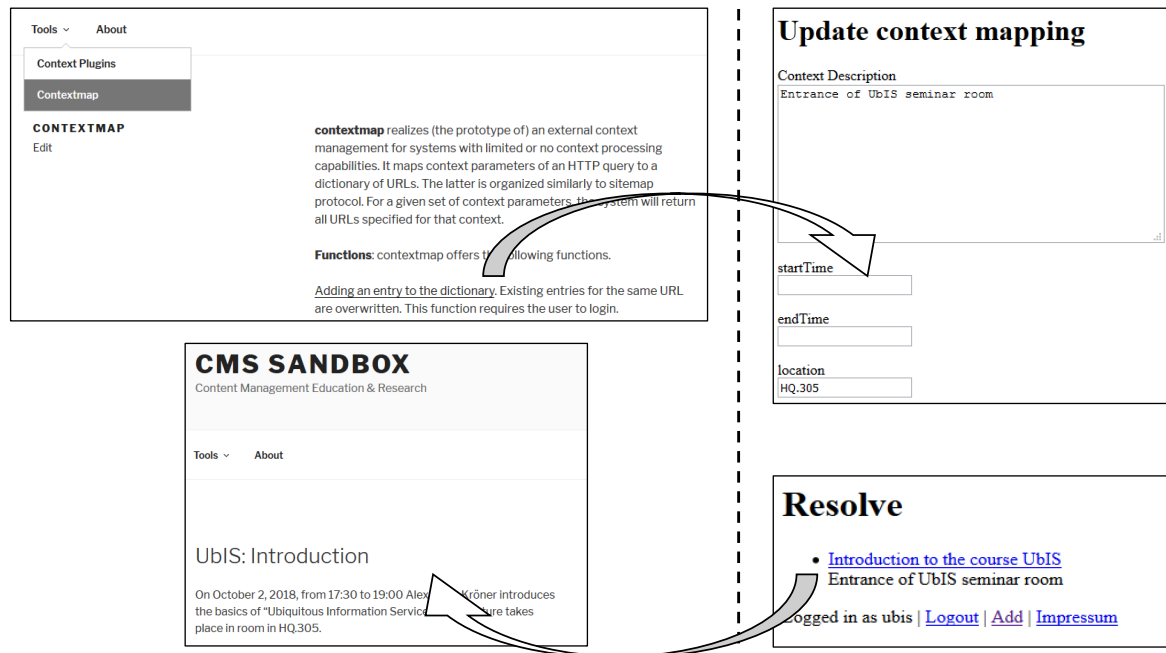
Es sollte zu diesem Zweck ein CMF als Web-Anwendung geschaffen werden, das mit Kontext-Parametern angereicherte HTTP-Anfragen auf die Inhalte eines WCMS abbildet. Die Anwendung sollte den im Folgenden genannten Anforderungen genügen.

- Das WCMS soll über den Kontext der Anfrage informiert werden können. Dies soll dem WCMS (optional) eine interne Verarbeitung (etwa in einem internen Kontext-Management) von Kontext ermöglichen.
- Eine Kontextualisierung des Content-Service soll auch möglich sein, wenn das WCMS eingehende Kontext-Parameter ignoriert. Dies ist motiviert durch den Wunsch, auch dann eine (eingeschränkte) Kontextualisierung zu ermöglichen, wenn das WCMS nur als „Black Box“ nutzbar ist.
- Eine Content-Component soll an mehrere Kontexte gebunden werden können. Dies wird motiviert durch die Beobachtung, dass ein Inhalt in mehreren Situationen für den Benutzer von Interesse sein kann.
- Es sollen die Inhalte verschiedener Content-Services an Kontext gebunden werden können. Hintergrund der Anforderung ist der Wunsch, in Abhängigkeit des Kontexts beispielsweise unterschiedlich spezialisierte WCMS ansprechen zu können.
- Es soll ein Benutzermanagement geschaffen werden, das zwischen der geschützten Erstellung und der öffentlichen Nutzung von Content unterscheidet. Diese Anforderung wird motiviert dadurch, dass eine Bearbeitung von Anfragen auch ohne Authentifizierung möglich sein soll – die bei der Erstellung von Inhalten gewünscht ist.

#### 3.2.3.1 Konzept der Anwendung

Grundlage der Anwendung bilden Regeln, deren Anwendungsbedingung eine Kontext-Beschreibung ist und deren Anwendung Content-Components liefert, die an diesen Kontext gebunden sind. Diese Components können von mehreren WCMS beigesteuert werden.

Das externe Kontext-Management beruht auf einem Verzeichnis solcher Regeln und einer Software, die Kontexte als Anfrage entgegennimmt und auf Basis des Verzeichnisses bearbeitet. Dies wird im Folgenden am Beispiel skizziert.



**Abbildung 4: Internes (links) und externes (rechts) Kontext-Management im Zusammenspiel. Ein CMS kann auf ein externes CMF verweisen; dort können Inhalte des CMS an Kontext-Parameter gebunden werden (rechts oben, Parameter „location“). Anfragen an das CMF liefern Inhalte aller registrierten CMS für einen Kontext (rechts unten), die zurück auf die jeweiligen CMS verweisen (links unten).**

Anfragen an das CMF erfolgen mittels HTTP (GET). Das System prüft, ob die Parameter der Anfrage („Query“) der Anwendungsbedingung einer im CMF hinterlegten Regel entsprechen. Trifft dies zu, dann wird der Inhalt der Regel – eine URL – zurückgeliefert. Das System leitet dabei alle Parameter der Anfrage an die folgende Datenbankabfrage weiter.

**Statische Parameter:** Das CMF kann statisch definierte Parameter bereitstellen, die unabhängig von der Anfrage in die Ausgabe einfließen. Im Beispiel erhält das CMF eine Anfrage zu einem räumlichen Kontext (dem Bezeichner eines Hörsaals der TH Nürnberg). Eine auf diesen Kontext passende Regel ist anwendbar. Diese liefert die Adresse eines CMS einschließlich dem in der Regel hinterlegten Parameter *Activity*. Der in der Eingabe enthaltene Parameter *loc* wird dagegen verworfen – das so angesteuerte CMS benötigt also nicht zwingend eine eigene Kontext-Verarbeitung.

- Anfrage an CMF: [URL CMF]?loc=HQ.007
- Im CMF hinterlegt: loc=HQ.007 ⇒ [URL CMS]?Activity=Offer
- Ausgabe CMF: [URL CMS]?Activity=Offer

**Dynamische Parameter:** Die Anfrage liefert Parameter, die (ggf. nach Verarbeitung im CMF) weitergeleitet werden an das CMS. Das folgende Beispiel illustriert die Weiterleitung eines Parameters zwischen den Anfragen; der Name des Parameters wird geändert, der Wert bleibt unverändert. Das CMF kann so ein einheitliches Kontext-Modell für Anfragen an unterschiedliche CMS anbieten. Im Zuge der Anfragebearbeitung können die Parameter der CMF-Anfragen dann abgebildet werden auf Parameter, die den individuellen Schnittstellen des internen Kontext-Managements der CMS entsprechen.

- Anfrage an CMF: [URL CMF]?Place=HQ.007
- Im CMF hinterlegt: Place=HQ.007 ⇒ [URL CMS]?location=\$Place
- Anfrage an CMS: [URL CMS]?location=HQ.007

```

<urlset xmlns="http://www.sitemaps.org/schemas/sitemap/0.9"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:c="http://www.th-nuernberg.de/schemas/ubis/contextmap" xsi:schemaLoca-
tion="http://www.sitemaps.org/schemas/sitemap/0.9 http://www.sitemaps.org/sche-
mas/sitemap/0.9/sitemap.xsd">
<url>
  <loc>https://www.th-nuernberg.de/fakultaeten/in/</loc>
  <c:title>Homepage of NIT's faculty of computer science</c:title>
  <c:context>
    <c:description>Entrance of HQ building, where NIT's faculty of computer sci-
ence is located.</c:description>
    <c:location>HQ.Entrance</c:location>
    <c:activity>Arrive</c:activity>
  </c:context>
</url>
<url>
  <loc>http://cms-sandbox.informatik.fh-nuernberg.de/wordpress/topic-descrip-
tion/ubis-introduction/</loc>
  <c:title>Introduction to the course UbIS</c:title>
  <c:context>
    <c:description>Entrance of UbIS seminar room</c:description>
    <c:startTime>default</c:startTime>
    <c:location>HQ.305</c:location>
  </c:context>
</url>
</urlset>

```

Abbildung 5: Ein Auszug aus der XML-Datenbank des externen Kontext-Managements. Das Dokument folgt dem Schema einer XML-Sitemap mit Einträgen für zwei URL und erweitert diese um Kontext-bezogene Elemente (vgl. Namespace-Prefix „c:“).

Fehlt ein durch die Anwendungsbedingung einer Regel im CMF geforderter dynamischer Parameter in der Anfrage an das CMF, dann ist die Regel nicht anwendbar.

### 3.2.3.2 Technologie und Umsetzung

Die Anwendung besteht aus einem HTML-Frontend und einer Datenbank zur Speicherung der Regeln gemäß einem eigens konzipierten Kontext-Modell.

**Frontend:** Das in PHP implementierte Frontend dient der Vorverarbeitung von Anfragen und der Nachverarbeitung von Resultaten. Die Kommunikation mit dem Benutzer erfolgt mittels einer HTML-Benutzeroberfläche. Diese bietet derzeit die elementaren Funktionen „Auflösen eines Kontexts“ (alle Benutzer) und „Definition einer Regel“ (nur autorisierte Benutzer).

**Datenspeicherung:** Der Prototyp des Systems basiert auf der XML-Datenbank BaseX<sup>2</sup>. Die Entscheidung für eine NoSQL-Lösung gründet in erster Linie in dem Wunsch, große Flexibilität bezüglich des vom System verwendeten Kontext-Modells zu gewähren. So bietet das im Rahmen des Projekts genutzte W3C Activity Model die Möglichkeit, Kontextwerte mit variierendem Detailgrad zu spezifizieren. Das tendenziell eher starre Schema einer SQL-Datenbank erscheint hier eher unhandlich. Gleichermäßen kann das zu verwendende Kontext-Modell die Einbindung anwendungsspezifischer Strukturen erfordern, was aufgrund der erweiterbaren Struktur einer XML-Datenbank im CMF deklarativ auf Basis serverseitig vorgehaltener parametrierbarer XQuery-Skripte (Robie et al., 2017) realisiert werden kann.

Mittels dieser XQuery-Skripte kann beeinflusst werden, welche Parameter einer Anfrage in welcher Form in die eigentliche Datenbankanfrage einfließen. Die Skripte werden vom Datenbankserver vorgehalten. Parameternamen müssen den XML-Namensregeln folgen. Parameterwerte müssen URL-kodiert

<sup>2</sup> <http://basex.org/>

werden. XQuery-Kommando-Fragmente innerhalb eines Parameterwerts werden im Zuge der Verarbeitung durch die Datenbank neutralisiert.

**Kontext-Modell:** Das Datenmodell des CMF erweitert das Schema von XML-Sitemaps (sitemaps.org, 2008) mit Kontext-Parametern, die den Anwendungskontext einer URL beschreiben (Abbildung 5). In Zusammenhang mit geographischer Zuordnung von Sitemaps wird die Auslagerung der Kontext-Information in ein eigenes Dokument empfohlen, auf das die Sitemap verweist (vgl. Schwartz, 2012). Kontext-Information wird dann wie herkömmlicher Content behandelt – aus Sicht eines Web-Crawlers sicherlich von Vorteil, allerdings hinderlich, wenn von einer Sitemap referenzierter Content an unterschiedliche Kontexte gebunden werden soll. Im Projekt wurde daher ein anderer Ansatz gewählt: Content (URLs) in der Sitemap wird mit Kontext-Parametern annotiert, was eine individuelle Kontext-Bindung jeder einzelnen URL ermöglicht.

### 3.3 AP Lehrkonzept

Das Arbeitspaket umfasste Tätigkeiten, welche der Einbindung der Ergebnisse aus den Arbeitspaketen AP Recherche und AP Realisierung in Lehrveranstaltungen dienen.

Im Vordergrund stand die Anpassung des in den Masterstudiengängen Informatik, Wirtschaftsinformatik und Medieninformatik angebotenen Fachs „Ubiquitäre Informationsdienste“. In diesem seminaristisch angelegten Fach recherchieren und berichten Studierende zu Fachthemen, welche die Inhalte von Vorlesungen des Dozenten zu Querschnittsthemen zum Thema Kontext aufgreifen. Details zu Zielen, Struktur und Prüfungsform können der zugehörigen Modulbeschreibung entnommen werden (Kröner, 2018).

#### 3.3.1 Entwicklung des Lehrkonzepts

Im Projekt sollte ein Lehrkonzept entwickelt werden, das für Studierende Kompetenzen im Umfeld von Kontext- und Content-Managements erlebbar macht. Als Ansatz sollten zu diesem Zweck eine Palette praktischer Aufgaben definiert werden, die – motiviert durch für die Studierenden leicht zugängliche Anwendungsfälle – Aspekte der zugrundeliegenden Lehrveranstaltung vertiefen.

##### 3.3.1.1 Anforderungen an praktische Aufgaben

Aus Sicht des Autors zeichnet eine im Sinne der Lehre gute praktische Aufgabe aus, dass sie den Mehrwert eines theoretischen Konzepts bzw. technologischen Ansatzes erlebbar macht. Ein potentiell Hindernis bildet im vorliegenden Fall die Vielzahl möglicher technischer Umsetzungen der vermittelten Konzepte (vgl. Kapitel 3.1.2). Eine Werkzeug-orientierte Spezialisierung in der Lehre ist hier nur bedingt zielführend, da Studierende im späteren Berufsleben potentiell gleiche Ziele mit deutlich anderen Werkzeugen erreichen müssen. Die zur Umsetzung ebendieser Konzepte nötigen Kompetenzen sollten also idealerweise wenig Fachkenntnisse zu spezifischen Werkzeugen (z.B. WordPress) erfordern.

Weiterhin sollten Umfang und Komplexität praktischer Aufgaben die Diversität der Software-Engineering-Fähigkeiten der Studierenden berücksichtigen. Insbesondere im Masterstudium kann aufgrund von Wechseln Studierender zwischen Hochschulen nicht in vollem Ausmaß auf das Curriculum der Studierenden im Bachelor an der TH Nürnberg aufgebaut werden.

**Schlussfolgerung:** Der zeitliche Aufwand Studierender zur Einarbeitung in Details der in praktischen Aufgaben verwendeten technischen Werkzeuge sollte minimiert werden. Angestrebt wurde, dass ein Studierender innerhalb eines Semesters eine Expertise erreichen kann, die zur Überprüfung und eigenständigen Weiterentwicklung der in der Vorlesung vermittelten Konzepte ausreicht.

### 3.3.1.2 Anwendungsfälle

Die zu erstellenden praktischen Aufgaben sollten durch Anwendungsfälle motiviert werden. Ziel war es auch hier, den Aufwand Studierender zur Einarbeitung in das die Anwendungsfälle umgebende Thema zu minimieren.

**Schlussfolgerung:** Themen und Anwendungsfälle sollten idealerweise den betroffenen Studierenden zumindest in Teilen bereits vertraut sein, um die Einarbeitung in thematische (nicht-technische) Aspekte zu reduzieren. Die Zahl der Themen sollte möglichst klein gehalten werden, um durch Themenwechsel bedingte Einarbeitungszeit zu reduzieren.

Als Ausgangspunkt dienten Themen und zugeordnete Anwendungsfälle, die dem Autor aus seiner beruflichen Laufbahn vertraut beziehungsweise aus der Literatur bekannt sind (vgl. Kapitel 3.1.1.2).

- Kontextsensitive digitale Poster: In der gleichnamigen studentischen Projektreihe wurden an der TH Nürnberg verschiedene Varianten von „Public Displays“ untersucht. Die durch den N-ERGIE Förderpreis 2016 geförderten Projekte forderten seitens der beteiligten Studierenden insbesondere Kompetenzen in der Ermittlung situationsbezogenen Informationsbedarfs sowie der Erfassung und Verarbeitung von Kontext.
- Personal Journal (vgl. Kröner et al., 2008): Ein „Personal Journal“ stellt ein digitales Tagebuch von Benutzeraktionen dar. Seine automatische Erstellung berührt insbesondere Kompetenzen im Bereich der Erfassung und Verarbeitung von Kontext und betont dabei die Relevanz von Folgen von Kontexten („Kontext-Historien“).

Angelehnt an diese Themen und mit Blick auf zuvor genannte Schlussfolgerungen wurde folgendes Thema für die Definition der Anwendungsfälle gewählt.

- Unterstützung seminaristischer Arbeit: Studierende sollen in ihrer Teilnahme an der Veranstaltung „Ubiquitäre Informationsdienste“ digital unterstützt werden. Im Vordergrund stehen Aktivitäten, die mit dem Besuch der Veranstaltung zusammenhängen.

Die Anwendungsfälle versetzen Studierende in unterschiedliche Rollen. Beispielsweise agieren sie als Autoren von Content und Kontext-Beschreibungen. Andererseits sind sie Konsumenten (in unterschiedlicher Form) des von den Seminarteilnehmern bereitgestellten Contents. Beispiele von Anwendungsfällen mit besonderem Bezug zum Thema Kontext werden im Folgenden verkürzt in Form von „User Stories“ beschrieben.

- „Als Autor möchte ich den von mir erstellten Content an Ort, Zeit und Aktivität binden, um seine Auslieferung in passenden Situationen des Konsumenten zu begünstigen.“
- „Als Zuhörer einer Präsentation möchte ich bei Betreten des Seminarraumes das Handout der heutigen Präsentation abrufen, um die aktuellste Ausgabe der Präsentation zu meinen Unterlagen hinzuzufügen.“
- „Als Referent eines Posters möchte ich das gerade anstehende Poster auf dem Präsentationsrechner aktivieren, um es den Konsumenten im Auditorium vorzustellen.“

Auch bei der Technologiewahl steht der Wunsch nach einer niedrigen Einstiegshürde für Seminarteilnehmer im Vordergrund. Die technische Basis soll gebildet werden aus Barcodes zur Realweltintegration, Smartphones und herkömmlichen Personal-Computern als Interaktionswerkzeug sowie Web-Technologien zur Realisierung der angestrebten Funktionalität.



Tabelle 1: Themen, Lernziele und zugeordnete Aktivitäten im Fach „Ubiquitäre Informationsdienste“.

Thema	Lernziele	Aktivität
Situation Assessment	Identifizieren von Kontext-Parametern, die Informationsbedarf des Konsumenten von Information in einer vorgegebenen Situation beeinflussen. Identifizieren von Kontext-Quellen, die diese Parameter liefern können.	Erfassen der gewünschten Kontext-Parameter durch Software-Sensoren und Barcodes.
Kontext-Modelle	Fähigkeit, gegebene Kontext-Parameter mittels gängiger Web-Standards zu beschreiben.	Nutzen der Vokabulare von W3C Activity Streams und schema.org zur maschinenverständlichen Repräsentation der Kontext-Parameter.
Kontext-Bindung	Verständnis der Natur von Kontext-Links und Fähigkeit, gegebenen Content mit Kontext-Parametern so zu verbinden, dass eine Kontext-bezogene Auslieferung von Content befördert wird.	Erzeugen von Kontext-Links mittels der im Projekt entwickelten Werkzeuge zum internen und externen Kontext-Management.
Kontext-Management	Identifizieren der Vorteile (und resultierender Herausforderungen) einer Entkopplung von Content-Management und Kontext-Management. Kenntnis der Vor- und Nachteile von internem und externem Kontext-Management.	Anbinden verschiedener Content-Services an Kontext mittels der im Projekt realisierten Werkzeuge.
Kontext-Historien	Verstehen der Bedeutung von in der Vergangenheit liegenden Kontexten für eine gegebene Situation. Fähigkeit, Folgen von Kontexten zur Bewertung des Informationsbedarfs einer gegebenen Situation heranzuziehen.	(noch nicht als Aufgabenstellung umgesetzt)
Provenance	Verständnis des potentiellen Mehrwerts der Beschreibung von Herkunft von Kontext-Parametern für Content-Consumer. Fähigkeit, solche Beschreibungen mittels gängiger Web-Standards zu schaffen.	(noch nicht als Aufgabenstellung umgesetzt)
Context-Augmentation	Fähigkeit, Kontext-Parameter in der Interaktion mit dem Konsumenten von Content einzusetzen (etwa als Mittel zur Stützung der Selbsterklärungsfähigkeit eines Systems).	(noch nicht als Aufgabenstellung umgesetzt)

### ***Methodik zur Entwicklung praktischer Aufgaben***

Ziel war es, Schwerpunkte der vorhandenen Lehrveranstaltung in Anwendungsfälle des gewählten Themas zu übertragen. Die zu thematisierenden Kompetenzen wurden in einem iterativen Prozess ermittelt und in ihrer praktischen Anwendung geprüft. Der Prozess umfasste die im Folgenden genannten Schritte.

- 1) Identifizieren erforderlicher Technologie
- 2) Prototypische Umsetzung
- 3) Extraktion der in 2) erforderlichen Kompetenzen
- 4) Zurück zu 1), wenn beispielsweise...
  - die Kompetenzen von den Zielen der Lehrveranstaltung stark abweichen
  - die Komplexität der Aufgabe potentiell das eigentliche Lernziel verschleiert
  - der Umfang der durchzuführenden Tätigkeit dem Gewicht des Lernziels in der Lehrveranstaltung nicht entspricht
  - die Aufgabestellung nicht harmonisch mit im Rahmen des Prozesses bereits identifizierten Aufgaben verknüpft werden kann

In diesem Prozess wurden für Themen der Lehrveranstaltung die im Folgenden genannten Lernziele ermittelt und auf praktische Aktivitäten abgebildet (Tabelle 1).

### **3.3.2 Überarbeitung der Lehrmaterialien**

Auf Basis der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und realisierten Artefakte wurden bestehende Lehrkonzepte und –materialien überarbeitet.

Neben dem im Vordergrund der Überarbeitung stehenden Fach „Ubiquitäre Informationsdienste“ wurden die in Bachelorstudiengängen der Fakultät Informatik angebotenen Fächer „Datenmodellierung mit XML“ und „Grundlagen Content-Management-Systeme“ auf Basis der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse angepasst. Letztere Aktivitäten hatten nur geringen Umfang und werden im Folgenden nicht weiter ausgeführt.

#### **3.3.2.1 Seminaristisches Lehrangebot**

Das Skriptum der Lehrveranstaltung wurde überarbeitet anhand der Erkenntnisse aus Recherche und Diskussion mit anderen Forschungsgruppen (vgl. Kapitel 3.1.1).

Die im Rahmen der Recherche ermittelten Themen (vgl. Kapitel 3.1.1.2) wurden überführt in seminaristische Aufgabenstellungen. Der folgende Absatz zeigt ein Beispiel einer solchen Aufgabenstellung.

„**Workplace learning:** Rapid changes in technology and aging society require workers to validate and adapt their knowledge continuously. Investigate how ubiquitous information services may be used to integrate teaching and training in the workers' workspaces. Review and summarize lessons learned from implementations – not only from a technical point of view, but also regarding teachers' requirements and learners' success.“

Die Interpretation der Aufgabenstellung erfordert die Nutzung der flankierend bereitgestellten Lehrmaterialien, die neben den fachlichen Themen des Skriptums zusätzlich Hinweise zu gutem wissenschaftlichen Arbeiten umfassen.

Scenario (continues exercise 1, task 2): QR-codes of the planned solution shall not directly link to content. Instead, they shall provide context information, which a context-aware information service can use to compute the student's information need. In this case, a QR-code shall provide information concerning the action, which (could have) motivated the student to scan the QR-code.

Your task:

- a) Identify for each of the QR created in exercise 1 a matching W3C activity type.
- b) For each activity, specify a URL query string that encodes the activity. Parameters should be limited to (a subset of) `activity`, `startTime`, `endTime`, `location`, `agent`. Use strings to encode parameter values. For a complex value, such a string should be applicable as an identifier. Example: `activity=View&location=HQ.007`
- c) Explain how this approach relates to aspects of modeling information ubiquity.
- d) In contrast to the previous exercise, QR-codes do not directly refer to a content-related service. Provide an assessment of the consequences of this change: Which benefits result from the new approach – and which additional actions have to be taken in order to process an information request?

**Abbildung 6: Eine Aufgabe zum Thema „Kontext-Modelle“. Behandelt wird der Einsatz von Barcodes als Kontext-Parameter. Studierende sollen unter anderem anhand der Aufgabe hinterfragen, warum man Content nicht direkt mit einem Barcode verbindet, sondern stattdessen auf ein Kontext-Management-Framework verweist.**

### 3.3.2.2 Vertiefung

Das bereits existierende Übungsprogramm zur Vertiefung der Inhalte der Vorlesung wurde ausgebaut. Erhalten wurden vorrangig Aufgaben, die in einer Umfrage unter den teilnehmenden Studierenden im Wintersemester 2017/2018 als vertiefend und leicht zugänglich bewertet wurden. Andere Aufgaben wurden – sofern im Rahmen des Projekts realisierbar – ersetzt.

Die im Rahmen des Projekts entworfenen Aufgaben folgen einer gemeinsamen Struktur:

- **Hintergrund** mit Motivation und Parametern der Aufgabe
- **Praktische Aktivität** auf Basis der im Projekt realisierten Software-Komponenten
- **Reflexion der Theorie**, um die Software-Komponenten in die Vorlesung einzuordnen

Ein Beispiel einer solchen Aufgabe wird in Abbildung 6 gezeigt. Die Aufgabe setzt auf von den Studierenden zum Zeitpunkt der Vergabe bereits durchgeführten praktischen Arbeiten auf und verbindet diese mit den gerade aktuellen Themen der Vorlesung.

## 3.4 AP Dokumentation

Das Arbeitspaket bündelt Aktivitäten in Zusammenhang mit dem Berichtswesen des Projekts. Betroffen waren neben dem Projektbericht Unterlagen zur Programmdokumentation.

Als Besonderheit ist hier die Aufbereitung ausgewählter Ergebnisse in einem Webauftritt zu erwähnen, der praktische Experimente zu Themen des Projekts auch mit nur geringer Programmiererfahrung ermöglichen soll. Der Prototyp sollte zur Unterstützung des Fachs „Ubiquitäre Informationsdienste“ im Wintersemester 2018/19 herangezogen werden.

Der Prototyp integriert die realisierten Softwarekomponenten mit einem CMS. Dieses wurde befüllt mit einer Online-Dokumentation der Komponenten sowie mit ausgewählten Artikeln zum Thema Context-Management und Content-Management.

## 4 Fazit

Das Projekt erwies sich aus Sicht des Antragsstellers als vielfältig und anspruchsvoll. Im Folgenden werden zunächst die erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Zielsetzung eingeordnet und bewertet, bevor noch laufende Aktivitäten und nächste Schritte skizziert werden.

### 4.1 Diskussion der Zielerreichung

Der Wert der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und geschaffenen Artefakte konnte zum Zeitpunkt des Projektendes nur subjektiv eingeschätzt werden, da insbesondere der praktische Einsatz in der Lehre noch ausstand.

- 1) **Recherche:** Es wurde eine Online-Recherche durchgeführt zu kontextsensitiven Anwendungen. Die resultierende Literatursammlung diente als Grundlage der Überarbeitung des Lehrkonzepts. Eine weitere Recherche zum Thema Software-Frameworks legte einerseits die Erkenntnis nahe, im Folgenden zwischen internem und externem Kontext-Management zu unterscheiden. Ergänzend erfolgte ein persönlicher Austausch mit Forschern in ähnlichen Themen, die weitere Hinweise zur fachlichen und didaktischen Ausgestaltung der Lehre im untersuchten Feld lieferten.
- 2) **Realisierung:** Es wurden vorrangig mit Web-Technologien Beispiel-Implementierungen von internem und externem Kontext-Management geschaffen. Als Kontext-Modell wurden Strukturen geschaffen, die sich an der Spezifikation W3C Activity Streams orientieren. Flankierend wurde der Software-Prototyp eines Public Displays entwickelt, um die Verbindung von Content- und Kontext-Management an einem Beispiel erlebbar zu machen. Als Grundlage praktischer Arbeiten von Studierenden wurden diese Software-Komponenten in einen Web-Auftritt integriert.
- 3) **Lehrkonzept:** Es wurden Kompetenzen identifiziert und Anwendungsfälle für den Einsatz in der Lehre definiert. Diese dienten als Grundlage einer Überarbeitung des Masterfaches „Ubiquitäre Informationsdienste“. Als Leitlinie diente das Ziel, Studierenden einen möglichst einfachen Zugang zu fachlichen Themen im Umfeld kontextsensitiver Anwendungen zu gewähren. Im Vordergrund standen die Ausarbeitung seminaristischer Themenstellungen sowie der Ausbau des praktischen Anteils des zugeordneten Übungsprogramms.

Die Projektziele wurden weitgehend erreicht. Einschränkungen betreffen in erster Linie die folgenden Bereiche.

- Technologien zur Kontextverarbeitung (etwa von Kontext-Historien) konnten nicht vertiefend untersucht werden. Dies war kein explizites Ziel des Projekts, wäre aber für die Überprüfung der technischen Ergebnisse von Interesse gewesen.
- Die im Projekt genutzten Kontextmodelle orientieren sich stark an dem Bedarf der realisierten Anwendungsfälle. Aufgrund der Komplexität dieser Thematik wurden im Antrag nur elementare Komponenten vorgesehen. Trotzdem kann dies potentiell eine Einschränkung der Übertragbarkeit dieser Ergebnisse bedeuten.
- Es konnten im begrenzten zeitlichen Rahmen des Projekts nicht alle Lernziele auf passende Aufgabenstellungen abgebildet werden (vgl. Kapitel 3.3.1.2).

### 4.2 Verwertung und nächste Schritte

Die Ergebnisse des Projekts werden in dessen Nachgang verwertet und bei Bedarf weiter untersucht. Als Bestandteil der Verwertung wurden die im Projekt entwickelten Lehrmaterialien und Software-Komponenten im Wintersemester 2018/19 im Fach „Ubiquitäre Informationsdienste“ (Fakultät Infor-

matik, TH Nürnberg) eingesetzt. Die Software diente der Illustration in der Vorlesung eingeführter Konzepte. Studierende wurde Zugang auf Anwendungsebene gewährt. Nicht praktiziert wurde eine Weiterentwicklung als programmatische Aufgabe.

In der Evaluation des Faches wurde die Software als Ausgangspunkt praktischer Arbeiten explizit vom Dozenten angesprochen. Die Studenten äußerten auf Nachfrage mehrheitlich Interesse daran, eine solche Software im Rahmen praktischer Arbeiten des Faches selbst zu entwickeln. Dieses Feedback ist aufgrund der kleinen Gruppengröße nicht notwendigerweise repräsentativ und gibt keinen Hinweis zur didaktischen Wirksamkeit, zeigt aber einen Weg zur Weiterentwicklung des Faches auf.

Begleitend wurde ein studentisches Projekt zur Extraktion komplexer Ereignisse aus Kontext-Historien gestartet. Das Projekt untersuchte neben der technischen Machbarkeit vor allem die Frage, welche Werkzeuge Studierenden die Bearbeitung solcher Aufgabenstellungen erleichtern.

## 5 Literatur

- Bernard, C. (2013). Important Notice to our Microsoft Tag Customers – Microsoft Tags Discontinued. doc29 consulting. Stand 19.08.13. Abgerufen am 17.08.18 von <http://dock29.com/important-notice-to-our-microsoft-tag-customers-microsoft-tags-discontinued/>
- Boehm, S.; Koolwaaij, J.; Luther, M.; Souville, B.; Wagner, M.; Wibbels, M. (2008). Introducing IYOUIT. In Proceedings of 7th International Semantic Web Conference, LNCS 5318, S. 804 – 817. Springer: Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-88564-1\_52
- Boiko, B. (2004). Content Management Bible. 2nd Edition. John Wiley & Sons.
- Cruz, W.M., Isotani, S., Carriço, L., & Guerreiro, T. (2016). Interface to Support Caregivers in Daily Record and Information Visualization of Patients with Dementia. In Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '16), S. 13:1–13:10. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-4503-5235-2. DOI 10.1145/3033701.3033714
- Dey, A.K., & Abowd, G.D. (1999). Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. GVU Center Technical Reports [536]. Georgia Institute of Technology. Online: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/3389>
- Dey, A.K. (2001). Understanding and using context. Personal and ubiquitous computing 5(1), S. 4-7. Springer: London. DOI: 10.1007/s007790170019
- EU (2016). Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung). Online. Abgerufen am 17.08.18 von <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02016R0679-20160504>
- Floréen, P., Przybilski, M., Nurmi, P., Koolwaaij, J., Tarlano, A., Wagner, M., Luther, M., Bataille, F., Boussard, M., Mrohs, B., & Lau, S. (2005). Towards a Context Management Framework for MobiLife. In Proceedings of the 14th IST Mobile & Wireless Summit.
- Gentner, D., & Nielsen, J. (1996). The Anti-Mac interface. Communications of the ACM 39(8), S. 70–82, ACM Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/232014.232032>
- Google (2018). Google Cloud Plattform – Kostenlose Testversion. Abgerufen am 17.08.18 von <https://console.cloud.google.com/freetrial/signup/0>
- Göschlberger, B., & Bruck, P.A. (2017). Gamification in Mobile and Workplace Integrated Microlearning. In Proceedings of the 19th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS '17), S. 545–552. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-4503-5299-4. DOI: 10.1145/3151759.3151795
- IoTool (2018). Home – IoTool. Abgerufen am 17.08.18 von <https://ioutil.io/>
- Klyne, G., & Newman, C. (2002). Date and Time on the Internet: Timestamps. RFC 3339. IETF Network Working Group. Stand: 07.02. Online: <https://tools.ietf.org/html/rfc3339>

- Kritzler, M., Funk, M., Michahelles, F., & Rohde, W. (2017). The Virtual Twin: Controlling Smart Factories Using a Spatially-correct Augmented Reality Representation. In Proceedings of the Seventh International Conference on the Internet of Things (IoT '17), S. 38:1–38:2. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-4503-5318-2. DOI: 10.1145/3131542.3140274
- Kröner, A. (2018). Ubiquitous Information Services. Module description, TH Nürnberg GSO. Abgerufen am 27.09.18 von [https://fbi.informatik.fh-nuernberg.de/fwpf/Info\\_Angebote.asp?Ang\\_ID=4058](https://fbi.informatik.fh-nuernberg.de/fwpf/Info_Angebote.asp?Ang_ID=4058)
- Kröner, A., Jameson, A., Schneider, M., & Basselin, N. (2008). Augmenting Cognition With a Digital Episodic Memory. *KI – Künstliche Intelligenz* 2/2008, S. 51-57. BöttcherIT: Bremen.
- Marcotte, E. (2011). Responsive Webdesign. 1. Auflage. A Book Apart, New York, ISBN 978-0-9844425-7-7.
- Memarovic, N., Langheinrich, M., Cheverst, K., Taylor, N., & Alt, F. (2013). P-LAYERS – A Layered Framework Addressing the Multifaceted Issues Facing Community-Supporting Public Display Deployments. *Transactions on Computer-Human Interaction* 20(3), Article 17, S. 17:1–17:34. ACM Press. DOI: 10.1145/2491500.2491505
- Microsoft (2007). High Capacity Color Barcodes (HCCB). Stand 18.12.2007. Abgerufen am 17.08.2018 von <http://research.microsoft.com/en-us/projects/hccb/>
- Pascoe, J. (1998). Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In Proceedings of the Second International Symposium on Wearable Computers (Cat. No.98EX215), S. 92-99, IEEE. DOI: 10.1109/ISWC.1998.729534
- Robie, J., Dyck, M., & Spiegel, J. (Eds., 2017). XQuery 3.1: An XML Query Language. W3C Recommendation 21 March 2017. Online: <https://www.w3.org/TR/xquery-31/>
- Roes, I., Stash, N., Wang, Y., & Aroyo, L. (2009). A Personalized Walk Through the Museum: The CHIP Interactive Tour Guide. In CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '09), S. 3317–3322. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-60558-247-4. DOI: 10.1145/1520340.1520479
- Rowland, C. (2018). UX and Service Design for Connected Products. Report 6/2018. IoTUK. Online: <https://iotuk.org.uk/ux-and-service-design-for-connected-products-report/>
- schema.org (2018). About Schema.org. Abgerufen am 14.08.18 von <http://schema.org/docs/faq.html#1>
- Schwartz, B. (2012). Google Retired Geo Sitemap Support. Stand 29.03.12. Abgerufen am 28.09.18 von <https://www.seroundtable.com/geo-sitemaps-gone-14941.html>
- Sigg, S., & Fu, X. (2014). Social Opportunistic Sensing and Social Centric Networking: Enabling Technology for Smart Cities. In Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Wireless and Mobile Technologies for Smart Cities (WiMobCity '14), S. 83–90. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-4503-3036-7. DOI: 10.1145/2633661.2633674
- sitemaps.org (2008). sitemaps.org – Home. Stand 27.02.08. Abgerufen am 28.09.18 von <https://www.sitemaps.org/>
- Snell, J.M., & Prodromou, E. (Eds., 2017). Activity Streams 2.0. W3C Recommendation 23 May 2017. Online: <https://www.w3.org/TR/activitystreams-core/>
- Snell, J.M., Atkins, M., Norris, W., Messina, C., Wilkinson, M., & Dolin, R. (2011). JSON Activity Streams 1.0. Online: <http://activitystrea.ms/specs/json/1.0/>
- Telhan, O., Casalegno, F., Park, J., Kotsopoulos, S., & Yu, C. (2010). Interaction Design with Building Facades. In Proceedings of the Fourth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '10), S. 291–294. ACM: New York, NY, USA. ISBN 978-1-60558-841-4. DOI: 10.1145/1709886.1709948
- WordPress.org (2018). WordPress Codex. Abgerufen am 28.08.18 von <https://codex.wordpress.org/>
- Xively (2018). IoT Platform for Connected Devices – Xively. Abgerufen am 17.08.18 von <https://xively.com/>