

Kommunikationsstrukturen in einer pervasiven Lehr- und Lernumgebung

Aspects of Communication Systems for Pervasive Learning Environments

Heinz-Gerd Hegering, Alfred Läßle, Helmut Reiser, LRZ Garching bei München

Zusammenfassung Der Begriff „Pervasive Universität“ ist bisher nicht klar definiert. Deshalb setzt sich der Beitrag zunächst mit relevanten Lerntypen auseinander, die für die Ausprägung der benötigten Kommunikationsinfrastrukturen wichtig sind. Anhand der Lerntypen werden die Anforderungen analysiert. Neu sind neben Virtualisierung und Personalisierung der Lehr- und Lernumgebungen der ubiquitäre Zugriff und als Folge eine Unterstützung aller Mobilitätsformen und kontextsensitiver Dienste. Der Beitrag macht deutlich, dass für die Betrachtung von Kommunikationsstrukturen eine integrale Betrachtung und Einbettung in universitäre Betriebs- und Organisationsprozesse unverzichtbar ist.

Summary The term “Pervasive University” is not yet clearly defined. Therefore we consider first the various learning types and their respective requirements concerning communication infrastructures. New aspects are especially virtualisation, personalisation, ubiquitous access, support of all types of mobility as well as location- and context based services. We also clarify that it is indispensable to also consider the appropriate integration of all relevant services and infrastructures in a common architecture of the university’s processes and organisations.

KEYWORDS K.2 [Computer Systems Organization: Computer-Communication Networks]; K.3.1 [Computer Milieux: Computers and Education: Computer Uses in Education]; K.4.3 [Computer Milieux: Computer and Society: Organizational Impacts]; K.6.1 [Computer Milieux: Management of Computing and Information Systems: Project and People Management]

1 Aspekte einer pervasiven Universität

Will man sich mit Kommunikationsstrukturen in einer pervasiven Universität, also einer Universität, die didaktisch, technisch und organisatorisch pervasiv Lehr- und Lernumgebungen unterstützt, befassen, muss man sich zunächst mit deren Charakteristik auseinandersetzen, um daraus Anforderungen abzuleiten. In der Literatur gibt es dazu keine einheitliche Begriffsdefinition. Tavangarian [8] definiert die pervasiv Universität dadurch, dass „IT-Infrastruktur und Dienste sowie rechnergestützte Prozesse allgegenwärtig sind und Nut-

zer proaktiv und kontextsensitiv unterstützt werden ...“ Holzinger [4] führt aus: „Der Begriff pervasiv e-Education kann definiert werden als eine Zusammenfassung aller Ansätze, die mit Hilfe neuer Technologien (z. B. Handy, iTV, RFID, iPod, PDA usw.) das lebenslange Lernen unterstützen.“ Dies deckt sich mit der Auffassung von Tavangarian [8]. Allerdings bleibt dabei offen, ob hier die Institution Universität um gewisse pervasiv Elemente erweitert wird, z. B. im Hinblick auf Geräte-, Mobilitäts- und Prozessunterstützung, oder ob die Universität selbst allgegenwärtig wird (zu Hause, in der Bahn, usw.). Ferscha [3]

definiert die pervasiv Universität durch die zusätzliche Unterstützung des pervasiv Lernens. Er sieht das pervasiv Lernen als eine Weiterentwicklung der bisherigen Lerntypen. Dabei unterscheidet er folgende fünf Lerntypen, die in der Art des Lehrens und Lernens, den Interaktionen zwischen Lehrer und Schüler sowie den verwendeten IT-Infrastrukturen differieren. Er nennt Lerntyp I: Self-Study (Teaching by Conservation, Learning by Acquiring); Lerntyp II: Presentational (Teaching by Transmission, Learning by Reception); Lerntyp III: Instructor Initiated (Teaching by Transmission, Learning by Sharing);

Lerntyp IV: Collaborative Learning (Teaching by Discourse, Learning by Dialogue, Shared Knowledge). Beim Lerntyp V (pervasive Learning) gibt Ferscha Learning by Exploration and Experience an.

Betrachtet man diese Lerntypen näher, so zeigt sich, dass in Hinblick auf Systemunterstützung für jeden Typ eigene spezifische Werkzeuge entwickelt bzw. genutzt werden. So verwendet Typ I/II z. B. CD-ROM, WWW, e-books und Autorensysteme, Typ III setzt zusätzlich email, chat, blogs, videoconferencing oder youtube ein und Typ IV nutzt Web2, Skype, Simulationen sowie Awareness Systeme. Was machen nun pervasive Lehr- und Lernumgebungen, also Unterstützungen für Typ V aus? Wir brauchen mehr örtliche Freiheit, größere zeitliche Flexibilität, durchlässigere Organisationsgrenzen und die Fähigkeit, die Umgebungen für Lehrende und Lernende maßzuschneidern. Sichtet man die vorhandene Literatur, so findet man folgende Merkmale (vgl. auch [3]): Individual/Learner Centered, Contextual/Situated Learning, Collaborative Learning, Ubiquitous Access, Life Long Learning. Übersetzt man diese Merkmale in technologische Anforderungen, so müssen folgende Aspekte unterstützt werden: Verschiedene Formen des e-Learning (Learning Communities, Virtual Classrooms, Blended Learning, Groupware-Systeme usw.), verschiedene Mobilitätsformen (Personenmobilität, Gerätemobilität, Dienstmobilität, Sitzmobilität), Personalisierung (von Geräten, Diensten und Rollen), Multimodale Interaktionen (pen, touch, voice, gesture) sowie ferner Virtualisierung (virtual groups, virtual rooms, virtual/mixed reality systems) und auch die nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit von Informationen (open access, data mining, simulation) von nahezu jedem Ort. Wir konzentrieren uns in diesem Beitrag auf IT-Unterstützungsstrukturen, die für die Lerntypen IV und V erforderlich sind.

Es reicht dabei jedoch nicht aus, nur Lehrende und Lernende und deren Interaktionen zu betrachten, sondern es muss auch deren Einbettung in die Organisation „Universität“ und deren Prozesse (z. B. insbesondere Lehr-, Lern-, Prüfungs-, Immatrikulationsprozesse) beurteilt werden. Dazu zählen neue Randbedingungen, wie sie sich z. B. aus dem Bologna-Prozess ergeben. Diese heben bisherige überwiegend statische universitäre Organisationsstrukturen weitgehend auf: sie ermöglichen viele Modulkombinationen, die über Fachbereichs- und sogar Universitätsgrenzen hinausgehen und eine personalisierte Zusammenstellung von Lernstoff erlauben. Hieraus ergeben sich Anforderungen an Prozessorientierung, an technische Infrastrukturen und die Berücksichtigung von Multidomain-Umgebungen sowie von interorganisationalen Verbänden (z. B. um die Zusammenarbeit mit anderen Universitäten, Institutionen, Wirtschaft zu unterstützen). Als ein gut funktionierendes Beispiel für einen Lehrverbund sei die Virtuelle Hochschule Bayern [9] genannt. Deshalb darf sich eine Diskussion über Kommunikationsstrukturen in pervasiven Lehr- und Lernumgebungen einer Universität nicht auf Geräte oder Zugangs- und Verbindungsnetze beschränken, sondern man muss auch darauf aufbauende kommunikationsrelevante Dienste für die Unterstützung aller Lerntypen, insbesondere der Lerntypen IV/V betrachten und sich mit den Fragen des technischen Managements der erforderlichen Infrastrukturen, Geräte, Netze und Dienste auseinandersetzen. Die nächsten Abschnitte beschreiben Herausforderungen und Lösungsansätze in Bezug auf Mobilitätsunterstützung, Lehr- und Lernumgebungen, Betriebsprozesse und die universitäre Organisation. Es werden die erforderlichen Strukturmaßnahmen zusammengefasst und der erforderliche Handlungsbedarf aufgezeigt. Wir beschränken uns in diesem Beitrag auf Kommu-

nikationsstrukturen, also auf kommunikationsrelevante Dienste und deren zugrunde liegende Netzinfrastruktur; dagegen werden Aspekte der Didaktik, der Bewertung von Lerntypen, der Lehrinhalte usw., aber auch spezielle Endgerätetechniken, nicht betrachtet.

2 Unterstützung verschiedener Lehr- und Lernumgebungen

2.1 Unterstützung der Lerntypen

Wie bereits in Abschnitt 1 erläutert, gibt es verschiedene Lehr- und Lerntypen. In diesem Abschnitt soll erläutert werden, welche (pervasiven) Hilfsmittel diese unterstützen können. Ausgehend vom Selbststudium sollen letztendlich unterstützende Tools für pervasives Lernen dargestellt werden. Dabei bauen die unterstützenden Hilfsmittel aufeinander auf und werden in Hinblick auf ihre technische und organisatorische Einbindung immer komplexer (vgl. auch Abschnitte 3 und 4).

Selbststudium

(Lerntyp I: Self-Study) Hier ist die Aneignung von Wissen über vorliegende Lernmaterialien gemeint. Der Wissensvermittler (Lehrer) erstellt den Gegenstand der Wissensvermittlung. Der Lernende holt sich diesen ab und eignet sich das Wissen im eigenen Rhythmus an. Der Gegenstand der Wissensvermittlung kann eine breite Palette von Darstellungsformen haben (Buch, Audio, Video, Vorlesungsaufzeichnung, Folien, CD, DVD, Bild). Zur Verwendbarkeit auch in pervasiver Umgebung ist natürlich unverzichtbar, dass die Information in digitalisierter Form und über das Netz zugreifbar vorliegt. Nur in dieser Form kann der Anspruch von überall verfügbar, jederzeit abrufbereit (zeitversetzt, in Teilen oder vollständig) erfüllt werden. Die Information sollte auf zentralen Serversystemen mit einer breitbandigen Anbindung an das Netz und hoher Speicherkapazität abgelegt werden. Hier und auch bei den anderen Lernformen

exakte quantitative Werte anzugeben, ist schwierig, da das Mengengerüst stark abhängig ist von den Anwendungen, den Codecs, der Anzahl der Anschlüsse sowie dem Grad der gleichzeitigen Nutzung. Der fast überwiegende Datenverkehr geht in Richtung Lernender und benötigt nur zur Steuerung der Ausgabe eine Verbindung in Gegenrichtung. Wichtig ist auch die adäquate Darstellung der Information auf dem Gerät (PC, Laptop, PDA, DVD-Spieler, MP3-Player), mit dem der Abruf erfolgt; dazu muss die Information in standardisierter Form (z. B. XML, JPEG, MPEG, usw.) vorliegen. Es ist auf eine bestmögliche Konvertierung der Information auf das jeweilige Darstellungsgerät zu achten. So sollte z. B. ein vorliegender Text auch durch das Gerät vorgelesen werden können, wenn dies dem Lernerfolg der Lernenden zuträglich ist.

Präsenz-Lehre

(Lerntyp II: Presentational) In dieser Form vermittelt ein Lehrer direkt das Wissen an den Lernenden. Zwischen Lehrer und Lernenden sollte eine Rückkopplung erfolgen. Die Anwesenheit muss nicht im gleichen physischen Raum sein, es genügt die Nutzung des gleichen Medienraumes. Der Medienraum kann ein ganz normaler Hörsaal, eine Video- oder Audio-Konferenz sein. Die Realisierung des Medienraumes in digitaler Form wird durch Konferenzserver für Audio- und Video-Kommunikation erreicht, die breitbandig in beiden Richtungen am Netz anzuschließen sind. Wichtig ist, dass ein Rückkanal für die Interaktion zwischen Lehrer und Schüler vorhanden ist. Dies bedeutet eine fast gleichwertige Verteilung der Übertragungsraten bei der Kommunikation, wobei der Rückkanal unter Umständen weniger ausgeprägt sein kann (z. B. wie bei A-DSL und UMTS). Auch hier spielen digitale Aufzeichnungs- und Übertragungsarten sowie Darstellungskonvertierung eine wichtige Rolle.

Gemeinschaftliches Lernen

(Lerntyp III: Instructor Initiated und Lerntyp IV: Collaborative Learning – der Unterschied zwischen beiden Lerntypen sind die Personen, die das Lernen initiieren, der Lehrer oder die Gruppe selbst; für die weitere Betrachtung können jedoch diese beiden Lerntypen gemeinsam behandelt werden.) Das gemeinschaftliche Lernen erfolgt in der Gruppe durch Dialog, Diskurs und Erarbeiten von gemeinsamem Wissen, entweder zeit-synchron (z. B. durch Konferenzsysteme) oder asynchron durch Foren. Letzteres stößt auf zunehmende Akzeptanz, stellt aber aus technischer Sicht keine neuartigen Herausforderungen. Auch hier muss es einen gemeinsamen Medienraum geben, wobei die Rückkopplung bzw. das gemeinsame „Erleben“ jedes Teilnehmers notwendig werden. Auch hier kann der Medienraum durch Konferenzserver realisiert werden. Die Übertragungsraten sind allerdings gleichwertig in beiden Richtungen zu fordern. Zudem werden Hilfsmittel wichtig, die eine Verwaltung von gemeinsamen Dingen (Dateien, Kalender) ermöglichen (Kollaborations-Server). Neben den bisher genannten Voraussetzungen sind hier vor allem Verfahren der gegenseitigen Interaktion absolut notwendig.

Pervasives Lernen

(Lerntyp V, pervasive Learning) Ein Charakteristikum von pervasiven Lehr- und Lernumgebungen ist die Durchdringung und Vernetzung aller Lebensbereiche und die Allgegenwart der unterstützenden technischen Strukturen. Der Unterschied zwischen Lehrer und Lernenden ist praktisch kaum mehr wahrnehmbar, Lernen erfolgt durch ubiquitäres Erforschen und Erfahrung. Aufsetzend auf den unterstützenden Hilfsmitteln für das gemeinschaftliche Lernen können nun hinzukommen: Erweiterung des Medienraumes auf viele Örtlichkeiten, Lokalisierung von Personen und Geräten, jederzeitige Verfügbarkeit

und Unterbrechbarkeit des Lernprozesses sowie Personalisierung aller Dienste. Neben den bisher geforderten Servern und Übertragungsbedingungen müssen jetzt Lokalisierungsdienste, kontextsensitive Dienste, Netzübergangsmöglichkeiten (Roaming, Handover) und Ad-Hoc-Netze zum Tragen kommen.

2.2 Mobilitätsunterstützung und Lokalisierung

Ein entscheidender technischer Faktor hierbei ist die Unterstützung der Nutzer in ihrer Mobilität. Es müssen alle primären Mobilitätsformen, d. h. Endgeräte-, Personen-, Dienst- und Sitzungs mobilität, technisch unterstützt werden. Die ebenfalls zu unterstützenden sekundären Mobilitätsformen umfassen technische und administrative Aspekte der Mobilität. Die Intrasystemmobilität befasst sich mit der Unterstützung der Mobilität innerhalb eines Systems einer bestimmten Technologie (z. B. WLAN), wohingegen die Inter-systemmobilität den Übergang zwischen verschiedenen Technologien bezeichnet. Die Mobilitätsunterstützung innerhalb eines Betreibers wird als intraorganisationale Mobilität, die zwischen verschiedenen Betreibern als interorganisationale Mobilität bezeichnet. Bild 1 stellt den Raum der zu unterstützenden Mobilitätsformen dar. Die primären Mobilitätsformen werden im Folgenden kurz erläutert.

Endgerätemobilität bezeichnet die räumliche Beweglichkeit von Endgeräten wie PDAs, Rechner, Mobiltelefone usw. Die kontinuierliche Endgerätemobilität setzt eine drahtlose Verbindung voraus. Im Gegensatz dazu ist das Gerät bei der diskreten Endgerätemobilität üblicherweise über (wechselnde) „drahtgebundene“ Verbindungen angeschlossen. Bei der Dimension „Intrasystemmobilität“ wird die transparente Endgerätemobilität innerhalb der Funkzelle eines Zugangspunktes oder zwischen verschiedenen Zugangspunkten eines Teilnetzes (derselben Technologie) unterstützt (Roaming, Handover).

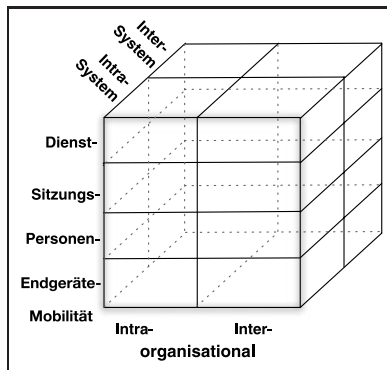


Bild 1 Klassifikation der Mobilitätsformen (nach [7]).

Die Intersystemmobilität hingegen unterstützt den transparenten Wechsel zwischen verschiedenen Netztechnologien. Im Fall der inter-organisationalen Mobilität wird der Wechsel zwischen Teilnetzen unterschiedlicher Betreiber unterstützt.

Personenmobilität umfasst die Möglichkeit eines Nutzers, seine Endgeräte zu wechseln, gleichzeitig aber seine Identität im Netz aufrecht zu erhalten. Dies erfordert global eindeutige Nutzerkennungen sowie entsprechende geräte- und system-unabhängige Authentisierungs- und Autorisierungsmechanismen.

Die **Dienstmobilität** bezieht sich auf Anwendungsdienste, die für den Nutzer netz-, betreiber- und geräteübergreifend zur Verfügung stehen und genutzt werden können. Eine interorganisationale Dienstmobilität setzt definierte Dienstupunkte bei den verschiedenen Providern voraus. Dienstmobilität bedeutet auch, dass die dienstspezifischen Client-Applikationen bei einem Gerätewechsel (Intersystem) automatisch auf das neue Gerät transferiert und an die technischen Eigenschaften des Gerätes (z. B. CPU-Leistung, Display, Speicher, usw.) angepasst werden.

Sitzungsmobilität: Eine Sitzung bezeichnet die temporäre Beziehung zwischen verteilten Dienstkomponten. Sie ist beschrieben durch die Menge der beteiligten Komponenten, ihren gegenwärtigen Zustand und ihre Historie. Sitzungsmobilität erlaubt die temporäre Unterbrechung einer solchen Sitzung.

Hierbei wird der Zustand und die Historie „eingefroren“ und kann bei Bedarf auf andere Komponenten verlagert werden, d. h. der Nutzer kann seine Sitzung auf ein anderes Endgerät oder in das Netz eines anderen Betreibers verlagern und dort nahtlos weiterarbeiten. Beispielsweise könnte der Nutzer seinen Sitzungskontext von einem stationären Rechner auf ein Smartphone oder einen PDA verschieben, um dort weiterzuarbeiten.

Obwohl der Nutzer Dienste unabhängig von seinem Aufenthaltsort verwenden kann, ist es in pervasiven Lehr- und Lernumgebungen oft von entscheidender Bedeutung, den aktuellen Aufenthaltsort des Nutzers sowie von Ressourcen zu kennen bzw. ermitteln zu können (*Lokalisierung*). Damit wird es möglich, den Nutzer zu führen, ihm benötigte Ressourcen zuzuteilen und zu prüfen, ob er orts- und zeitgebundene Veranstaltungen überhaupt erreichen kann. Der Übergang zu Standort-bezogenen Diensten (*location based services, LBS*) oder kontextsensitiven Diensten ist fließend [6]. Hier werden unter Zuhilfenahme von Positionsdaten oder Informationen über den Kontext des Nutzers selektiv Informationen bereitgestellt oder individuell angepasste Dienste erbracht. Bevor aber LBS realisiert werden können, muss die Lokalisierung von Nutzern sowie Ressourcen realisiert werden.

3 Erforderliche technische Infrastrukturmaßnahmen für die Kommunikation

Die Anforderung, pervasives Lernen überall und jederzeit zu ermöglichen, setzt andere und/oder erweiterte Infrastrukturmaßnahmen für die Kommunikation voraus.

3.1 Anforderungen

Auf die Bereitstellung von Servern für die verschiedenen Dienste im Umfeld „pervasives Lernen“ wird hier nicht eingegangen. An Kommunikationsinfrastrukturen werden jedoch neue oder erhöhte Anforder-

ungen gestellt. Gemeinsames Lernen in einer Gruppe mit dem Hilfsmittel Videokonferenz erfordert für jeden Teilnehmer in Send- und Empfangsrichtung eine garantierte Bandbreite mit QoS-Garantie (Delay, Jitter). Verfügbarkeit überall und nicht nur im begrenzten Bereich der Universität, sondern auch zuhause am Arbeitsplatz und unterwegs, bedeutet die Nutzung drahtgebundener (xDSL, FTTx, usw.), drahtloser (WLAN, WiMAX, usw.) sowie mobiler Zugänge (UMTS, HSPA, usw.) mit möglichst gleicher netzunabhängiger Nutzerschnittstelle. Wünschenswert sind auch unterbrechungsfreie Übergänge zwischen den Netzen (Roaming) oder innerhalb der Netze (Handover) mit einem multinetzfähigen Endgerät. Die Unterstützung der Bildung spontaner Lerngruppen erfordert die automatische Bildung von Ad-Hoc-Netzen für diese Zwecke. Mobilität bedeutet zudem die drahtlose Anbindung der Endgeräte. Lokalisierung kann durch Nutzung von WLAN- oder GPS-Technologie, aber auch im Nahbereich z. B. mit RFID erreicht werden. Gerade das Beispiel RFID zeigt, dass das bloße Vorhandensein einer Technik noch nicht ausreicht. Zum Aufbau einer RFID-Infrastruktur ist es erforderlich, zu entscheiden, wo überall Tags anzubringen sind und wieviele, wo Reader zu platzieren sind, wie schnell und wie oft Daten zu erfassen sind, wie Filterregeln ausschauen, ferner wie der betroffene Workflow aussieht und wie eine Integration in bestehende Systeme und Kontexte erfolgen kann. Bevor wirklich weiträumig eine RFID-Infrastruktur installiert wird, braucht man Entwicklungstools, Lasttesttools, Reader-schnittstellentester usw. Vergleichbares gilt auch für den Einsatz anderer Kommunikations- und Gerätetechniken.

3.2 Techniken

Die heute verfügbaren Netze sind noch nicht optimal auf pervasives Lernen ausgelegt.

Bei den drahtgebundenen Zugängen herrschen zurzeit im häuslichen Bereich x-DSL-Anschlüsse vor. Hier besteht ein großer Unterschied in Sende- und Empfangsrichtung. Auch die dort bisher allgemein verfügbaren Bandbreiten (16 Mbit/s Downlink und 1 Mbit/s Uplink) lassen zumindest in Sende-richtung noch zu wünschen übrig. Die Marktentwicklung geht zu Zugängen, die videofähig sind wie V-DSL (bis 200 Mbit/s symmetrisch) und FTTx (Fibre to the x). Erst in einigen Jahren werden jedoch diese notwendigen Bandbreiten allgemein flächendeckend zu akzeptablen Preisen zur Verfügung stehen. Im Universitätsbereich sind drahtgebundene Zugänge aufgrund der meist sehr gut ausgebauten LAN-Netze kein Problem.

Bei den drahtlosen Zugängen über Funk-LAN nach 802.11 ist zwar die Bandbreite in beiden Richtungen gleich, die Güte der Verbindung variiert allerdings mit der Anzahl der gleichzeitig aktiven Clients am Access-Point (AP). Der jetzt bald verfügbare Standard IEEE 802.11n (Brutto-Datenrate von 300 Mbit/s für alle mit einem AP verbundenen Teilnehmer, 2,4 GHz und 5 GHz) kann nur als Einstiegs-punkt in dieses Szenario gelten, falls die Anzahl der aktuellen Verbindungen pro AP möglichst gering gehalten und eine flächendeckende Versorgung erreicht wird, die ein Handover im gesamten Bereich ermöglicht. Die Zukunft bei diesen Zugängen wird bei der Nutzung von WiMAX (z. B. IEEE802.16m, bis 1 Gbit/s), aber auch bei 60-GHz-WLAN-Systemen (> 1 Gbit/s, „in-Cabin“-Anwendungen) liegen. Im Universitätsbereich müssen jetzt jedoch vorhandene APs mit 802.11n ergänzt und das LAN-Netz in Bezug auf Übertragungsrate und Anzahl der Anschlussmöglichkeiten verstärkt werden, da der neue 802.11n-AP nun mit 1 Gbit/s anzuschließen ist und die Anzahl der APs erhöht werden muss.

Mobile Zugänge auf Basis von UMTS sind derzeit fast über-

all verfügbar, sind aber noch nicht videofähig. Der Weg dorthin ist allerdings bereits vorgezeichnet. Mit HSPA werden derzeit Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 7,2 Mbit/s im Downlink (HSDPA) und 1,45 Mbit/s im Uplink (HSUPA) erreicht. Mit HSPA+ werden sich diese Werte aufgrund der MIMO-Antennentechnik verdoppeln lassen. Die Latenzzeit der Signale beträgt 70 bis 90 ms. Erst mit Einführung von LTE, die ab 2011 zu erwarten ist, sollen Übertragungsgeschwindigkeiten von über 100 Mbit/s im Downlink und 50 Mbit/s im Uplink erreicht werden. Die Latenzzeit der Signale sinkt auf 10 bis 20 ms. Gleichzeitig mit LTE soll eine Systemarchitektur SAE eingerichtet werden, die ein vollständig IP-basiertes System vorsieht, einen nahtlosen Übergang zu bestehenden Mobilfunknetzen ermöglicht und höhere Datenraten und geringere Latenzzeiten berücksichtigt.

Der Zugang zu diesen Netzen scheint aus heutiger Sicht am besten durch multinetzfähige (UMTS, WLAN, LAN) Geräte (Laptop, PDA, Smart Phones, usw.) erreichbar zu sein. Dabei ist auf eine einheitliche Nutzerschnittstelle zu achten. Ein „seamless“-Übergang zwischen UMTS- und WLAN-Netzen (Roaming) wird in Zukunft wesentlich einfacher werden, da alle Netze IP-basiert werden (All-IP-NGN); dieser kann jetzt aber nur prototypisch an einzelnen Universitäten erprobt werden. Die Universität, die häufig über viele Gebäude verteilt ist, könnte auch Outdoor, z. B. über WiMAX oder Mesh-Networks, als Provider auftreten. Desweiteren könnte die Universität Indoor auch neue Mobilfunkdienste wie z. B. UMTS-Picozellen anbieten oder anbieten lassen. Über eine vertiefte Kooperation mit externen Providern (Mobilfunk, DSL, usw.) ließe sich dann eine allumfassende Konnektivität und Netzabdeckung erreichen, von der beide Seiten profitieren könnten.

4 Einbettung in universitäre Betriebs- und Organisationsprozesse

Lehren und Lernen zu jeder Zeit an jedem Ort erfordert natürlich eine integrative Gesamtkonzeption für eine Universität, die die Anwendungen der pervasiven Lehr- und Lernumgebungen, die dazugehörigen Unterstützungsdienste und Infrastrukturen samt deren Produktion, Organisation und Koordination in eine ganzheitliche Architektur bringt. Dies ist in Bild 2 angedeutet, die dem Referenzmodell für die Notebook-Universität Karlsruhe [2] entspricht. Alle Dienste müssen dabei über eine entsprechende Portal-Lösung zugreifbar sein.

4.1 Einbettung der pervasiven Lehr- und Lernumgebungen

Infrastrukturen für pervasive Umgebungen müssen nicht nur ubiquitär sein, sondern auch integral in Hinblick auf viele Universitätsprozesse und den Studenten-Lebenszyklus. Dies erfordert die Existenz und Pflege eines geeigneten, flächendeckend und von überall und jederzeit nutzbaren Campus-Managementsystems (CM). In einem CM müssen nicht nur Daten über die Lehrenden und Lernenden verfügbar sein, sondern in Form von Modulen auch alle relevanten Ressourcen wie Räume, Gebäude und Inventar, sämtliche Daten zu Lehrveranstaltungen und Prüfungen (z. B. Modulbeschreibungen, Termine) und zur Lehre allgemein (Pläne, Dozenten, Kosten), ferner Daten zur Forschung, wie Publikationen, Projekte, Kooperationen und Berichte verwaltet werden können. Die entsprechenden Werkzeuge unterstützen gezielt sämtliche Planungs-, Koordinations- und Verwaltungstätigkeiten, die im Rahmen des studentischen Lebenszyklus für die beteiligten Akteure sowohl in der zentralen Hochschulverwaltung als auch in der Lehre dezentral anfallen. Ein CM ist also ein Unterstützungssystem für Prozesse, in denen die genannten Entitäten Subjekte und Objekte sind.

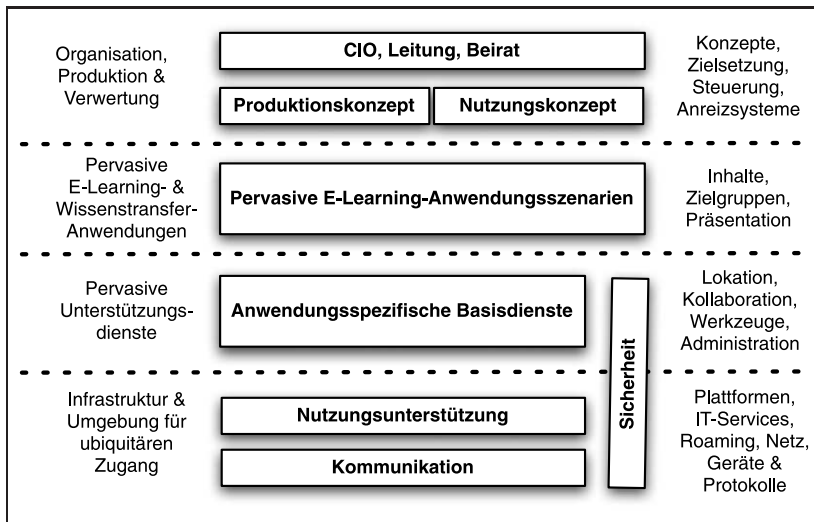


Bild 2 Referenzmodell für pervasive Lehr-Lernumgebungen (nach [2]).

Die Prozesse betreffen z. B. Anwendungen wie Online-Bewerbung, Unterstützung von dezentralen Eigenschaftsfeststellungsverfahren, dezentrale Raumverwaltung (Reservierung, Vergabe, Zugangssteuerung, elektronische Wegweiser), Geräteverwaltung (z. B. RFIDs), Lehrveranstaltungsmanagement (Anmelden, Leistungsnachweise, ECTS-Verwaltung, Modulverwaltung, Evaluation), Kopplung von Lehrveranstaltungsmanagement und e-Learning, Gästeverwaltung usw. Als weitere Anwendungen können genannt werden: Hilfsfunktionen wie Kalender- und Terminmanagement, Bezahlfunktionen (Kurse, Gebühren, Mensa, Verkehrsmittel), Ressourcenverwaltung (Geräteverleih, Gerätebeschaffung), Navigation auf dem Gelände (Ortsbestimmung, elektronische Verweisschilder) usw. Diese Aufzählung macht erneut deutlich, wie wichtig die Möglichkeit einer Dienstpersonalisierung ist.

Der Einsatz eines CM (als Beispiel sei das System CAMPUSonline der TU Graz [1] genannt) ist eine notwendige Voraussetzung für eine pervasive Universität, ersetzt eine klare Spezifikation aller relevanten Prozesse voraus, was längst noch nicht überall gegeben ist. Durch die besondere Rolle des (nicht notwendigerweise monolithischen) CM als technisches Rückgrat

der Universitätsprozesse erfordert der Betrieb seiner Kernkomponenten adäquate Maßnahmen in Bezug auf ihre Sicherheit und Verfügbarkeit. Ein CM müsste auch gekoppelt sein mit anderen einschlägigen Managementsystemen wie Content Management System und Lern-Managementssystem oder Lernplattformen. Nur mit dieser Kombination der lehr- und lernbezogenen Anwendungssysteme ist pervasives Lernen und Lehren möglich. Ein Campus-Managementssystem muss Portalcharakter haben, also vollständig webbasiert sein, und sich durch eine durchgängig einfache und intuitive Bedienung nach einem einheitlichen Schema auszeichnen. Es muss ein strikt Workflow-orientiertes System sein, dessen Datenmodell für Customizing-Zwecke frei zugänglich ist und das ein sehr flexibles Rollen- und Rechtekonzept unterstützt.

4.2 IT-Managementaspekte

Die als Voraussetzung für eine pervasive Universität eingesetzten Endgeräte, Anwendungssysteme und Verfahren müssen auch betrieben werden. Zur Absicherung des Betriebs der technischen Systeme müssen deshalb etliche Managementaspekte beachtet werden. Einige seien hier stellvertretend genannt. Eine Voraussetzung für ein Single-Sign-on im Gesamtge-

biet der Universität, aber auch für eine flexible Nutzung von Diensten und Geräten und für deren Personalisierung ist die Unterstützung eines mächtigen Rollen- und Rechtekonzeptes, das mit der üblichen hohen Nutzerfluktuation umgehen kann. Dies wird benötigt für ein Identitätsmanagement, das hier wegen des notwendigen Einbezugs auch externer Dienstleister als für Föderationen geeignet anzulegen ist. FIM-Systeme, also Systeme für ein Identity Management in Föderationen [5], sind sehr komplex; die Trennung von Leistungserbringung und Rechte- bzw. Rollenverwaltung und die Berücksichtigung externer Dienstleister erfordern eine dezentrale AAI-Konzeption. Zu deren Unterstützung sind Autorisierungsprozesse zu definieren und durchzusetzen. Technische und organisatorische Voraussetzungen sind eine funktionierende PKI-Struktur (Verwaltung von Schlüsseln und Signaturdienste) sowie eine Registrierungs- und Zertifizierungsstruktur. Es muss ein Security-Auditing, -Tracing und -Reporting eingerichtet werden. Nach Entdeckung und Aufklärung von Missbrauchsfällen bei der Nutzung der Dienste oder Kommunikationsstrukturen sind vordefinierte Prozesse zur Abuse-Behandlung anzustoßen. Besonderes Augenmerk ist dabei auch auf den Datenschutz zu legen, da gerade in einem pervasiven Umfeld der Aspekt Privacy (etwa in Bezug auf Aufenthaltsorte, Dienstpersonalisierung, Prüfungsergebnisse) enorm wichtig ist. Natürlich erschweren eine flexible Mobilitätsunterstützung, drahtlose Kommunikation, Ad-hoc-Netze usw. Sicherheitsgarantien, die bei Festnetzen über Firewalls gewährleistet sind. Hier sind neue dynamische Konzepte zu entwickeln. Auch fehlen IDS-Systeme für Virtuelle oder Dynamische Organisationen. Als noch zur Sicherheit gehörig muss schließlich auch der notwendige Schutz der Kommunikationsinfrastruktur genannt werden.

Aus der inhärenten Mobilität einer pervasiven Universität folgt die Notwendigkeit von Netztechnologie-Übergängen. Konzeptionell bietet sich auch in nächster Zukunft die IP-Schicht als Konvergenzschicht an, wegen der neuen Endgeräte und Netztechnologien sowie der vielen neuen Anwendungen steigt jedoch die zu managende Vielfalt an, sodass sich eine Sanduhr-ähnliche Schichtenarchitektur ergibt. Gerade weil in den betrachteten Szenarien von Multimedia und Multimodalität auszugehen ist, spielen Anforderungen von Netztechnologie- und Medienübergängen eine wachsende Rolle. Entsprechende Gateways bzw. Proxies bzw. endgerätgerechte Konvertierungen sind bereitzustellen.

Weil mit den geschilderten technischen Möglichkeiten und den komplexen Anwendungssystemen häufig Prozesse und Funktionen mit Realzeit-Anforderungen unterstützt werden, kommt dem Incident-Management eine besondere Bedeutung zu. Betrachtet man zudem noch die Dienste-, Geräte- und Schnittstellenvielfalt, wird evident, dass man ohne ausgefeilte Helpdesk- oder Servicedesk-Strukturen nicht auskommt, wenn man z. B. Auswirkungen technischer Probleme der Kommunikations- und sonstiger Infrastrukturen auf beispielsweise Lehrabläufe minimieren will.

Interessant ist auch die Frage, wie man gewohnte Eigenschaften synchroner Kommunikation aufrecht erhalten kann, die bei zunehmend asynchroner oder nicht verbindungsorientierter Kommunikation verloren gehen könnten: Ende-zu-Ende-Dienstgüte, eindeutige Identifikation eines Senders, Schutz vor Leugnen einer Sendung durch den Empfänger, Garantie einer zeitnahen Bearbeitung durch den Empfänger usw. Zu erwähnen sind auch die nach wie vor für anspruchsvolle Multimediaanwendungen im Internet nur schwach ausgeprägten Dienstgütearchitekturen, die häufig nur

durch Overprovisioning oder Kanalwidmung ausgeglichen werden, was im lokalen Umfeld einer Universität, etwa auf einem Campus, im Allgemeinen noch gut möglich, aber in Weitverkehrsnetzen kaum adäquat ist.

Letztlich sei erwähnt, dass derzeit die Entwicklung eines geeigneten generischen Man-Machine-Interfaces für „pervasive Anwendungen“ noch echter Forschungsgegenstand ist, denn solche Anwendungen erfordern einen dauernden kontextabhängigen Wechsel von Endgeräten und Mobilitätsformen und dies sollte nicht zu Lasten des menschlichen Anwenders gehen.

5 Akzeptanzprobleme, offene Fragen

Der bisherige Beitrag hat gezeigt, dass man die Netzstrukturen einer pervasiven Universität nicht ohne die darauf aufsetzenden kommunikationsrelevanten Dienste, und diese wiederum nicht ohne ihre organisationsrelevanten Auswirkungen betrachten kann. Dabei wurde deutlich, wie einschneidend die Einführung einer pervasiven Universität für alle Beteiligten sein kann. Im Folgenden sollen abschließend einige Akzeptanzfragen angeschnitten werden:

- Ist die Teilnahme an einer pervasiven Universität verpflichtend oder optional? Welche Teilfunktionen wären verpflichtend? Gelingt die Kopplung von pervasiver Universität und „klassischer“ Universität? Kann man sich den ubiquitären und pervasiven Diensten (z. B. einer ständigen Erreichbarkeit) bewusst entziehen, z. B. um Ruhe zu haben? Welche personalisierten Filterstrukturen müssten unterstützt werden? Soll man von Studenten in Eigenregie entwickelte und betriebene Kommunikationsplattformen (Wikis, Foren wie z. B. dieinformatiker.net) einbinden?
- Wie vermittelt man die zusätzlich benötigte Medien-, Kommunikations- und Diens-

tekompentenz? Wo beginnt die Vorbereitung auf pervasive Lehr- und Lernumgebungen? Wie sehen Schulungs- und Migrationskonzepte aus? Wie müssten ordentliche Nutzungsschnittstellen aussehen?

- Wie könnten Finanzierungs-konzepte aussehen? Wer bezahlt die zusätzlichen Geräte und Infrastrukturen (Student, Dozent, Uni z. B. mittels Grundfinanzierung, Leihgebühren, Studiengebühren)? Wer bezahlt das Management und die Betriebskosten?
- Die Einführung einer pervasiven Universität, auch bereits des Teils Kommunikationsstrukturen, ist ein Großprojekt mit vielen konfliktreichen Interessensgruppen. Welches Anforderungsprofil müsste der CIO einer pervasiven Universität erfüllen?
- Die pervasive Universität ist zum Teil noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Wer koordiniert die damit verbundene Forschung noch offener Fragen? Wer sorgt für einen wünschenswerten Austausch über Migrationsplanungen und „lessons learned“?

Die pervasive Universität wird in sehr kleinen Schritten unvermeidlich kommen. Die dazu erforderlichen Kommunikationsstrukturen können jetzt schon stufenweise aufgebaut werden. Sie werden weitestgehend in fortschrittlichen Universitäten auch außerhalb von pervasiven Lehr- und Lernumgebungen benötigt.

Literatur

- [1] CAMPUSonline. [http://de.wikipedia.org/wiki/CAMPUSonline bzw. /wiki/Hochschulinformationssystem](http://de.wikipedia.org/wiki/CAMPUSonline_bzw./wiki/Hochschulinformationssystem).
- [2] P. Deussen, W. Juling und B. Thum. Die Notebook-Universität Karlsruhe. Universitäts-Verlag Karlsruhe, 2004.
- [3] A. Ferscha. Pervasive Learning; Innovating the Learning Process – Not Just Adding Technological Advances. LEARNTEC 2008, Karlsruhe.

- [4] A. Holzinger. Pervasive e-Education and Life Long Learning. Competence Site, Feb 2006.
- [5] W. Hommel. Architektur- und Werkzeugkonzepte für föderiertes Identitäts-Management. Dissertation, Universität München 2007. Verlag Dr. Hut, München. ISBN 978-3-89963-594-2.
- [6] A. Küpper. Location-based Services – Fundamentals and Operation. John Wiley & Sons, 2005.
- [7] A. Küpper, H. Reiser und M. Schiffers. Mobilitätsmanagement im Überblick: Von 2G zu 3,5G. In: PIK – Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, 04(2):68–73, Saur Verlag, München, Juni, 2004.
- [8] Tavangarian, D. et al. E-Learning in Mecklenburg-Vorpommern. Studie 2007, 187 S., Universität Rostock.
- [9] Virtuelle Hochschule Bayern – Das virtuelle Lehrangebot der bayerischen Hochschulen. <http://www.vhb.org>.



1



2



3

1 Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering, 1984 bis 1988 Professor für Informatik an der Technischen Universität München. Seit 1989 Lehrstuhl für Informatik und Vorstand des Instituts für Informatik der Universität München sowie Vorsitzender des Direktoriums des Leibniz-Rechenzentrums. Mitglied der Kommission für Rechenanlagen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) von 1995 bis 2000 und des Nationalen Koordinationsausschusses für Höchstleistungsrechnen beim Wissenschaftsrat seit 2002. Vorstand des Vereins Deutsches Forschungsnetz (DFN-Verein) von 1996 bis 2005 und seit 2007 des Gauss Centre for Supercomputing. Mitglied diverser Experten-Kommissionen für IT-Infrastrukturplanung, RZ-Betriebskonzepte

und Informatik-Entwicklung sowie zahlreicher wissenschaftlicher Gremien.

Forschungsgebiete: Kommunikationssysteme, Netz- und Systemmanagement, IT-Infrastrukturen.

Adresse: Leibniz-Rechenzentrum, Boltzmannstr. 1, 85748 Garching b. München, E-Mail: hegering@lrz.de

2 Alfred Läßle, geboren 1948, studierte Mathematik/Informatik an der Technischen Universität in München. Seit 1973 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am LRZ. Von 1976 bis 1980 war er Gruppenleiter im Arbeitsgebiet systemtechnische Betreuung von Großrechnern (TR440), seit 1980 arbeitet er im Bereich Kommunikationsnetze, zuerst als Gruppenleiter und ab 1988 als Leiter der neu gegründeten Abteilung Kommunikationsnetze. In dieser Funktion ist er verantwortlich für die Planung, den Ausbau und Betrieb des Münchner Wissenschaftsnetzes (MWN).

Adresse: Leibniz-Rechenzentrum, Boltzmannstr. 1, 85748 Garching b. München, E-Mail: laepple@lrz.de

3 Dr. Helmut Reiser ist Leiter der Gruppe Netzplanung am LRZ und stellvertretender Abteilungsleiter der Abteilung Kommunikationsnetze. Er ist für die Planung, Vernetzungskonzepte und Fragen der Netzsicherheit im Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) zuständig. In seiner Gruppe sind auch Forschungsprojekte im Rahmen von D-Grid und Geant2 angesiedelt, die sich unter Anderem mit Fragen des Monitoring in Grids und paneuropäischen Forschungsnetzen sowie dem Betrieb und dem Management großer verteilter Infrastrukturen beschäftigen. Er hat an der Technischen Universität München Informatik studiert (Diplom 1997) und an der Ludwig-Maximilians Universität (LMU) 2001 promoviert und 2008 habilitiert. Von 1997 bis 2005 war Dr. Reiser am Lehrstuhl Kommunikationssystem und Systemprogrammierung der LMU (MNM-Team) beschäftigt. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich Sicherheit insbesondere in föderierten Umgebungen, Grid Technologien und dem integrierten IT-Management. Er ist Mitglied der GI und IEEE.

Adresse: Leibniz-Rechenzentrum, Boltzmannstr. 1, 85748 Garching b. München, E-Mail: reiser@lrz.de