

Raphael Zender, Julian Dehne, Hendrik Geßner, Ulrike Lucke

RouteMe – Routing in Ad-hoc-Netzen als pervasives Lernspiel

RouteMe – A Pervasive Learning Game about Routing in ad hoc Networks

Lernspiele_Pervasive Gaming_Mobile Gaming

Zusammenfassung. Exkursionen (Field Trips) verbinden Lerninhalte mit realen Erlebnissen außerhalb des Hörsaals und sind somit in einer Reihe von Fachrichtungen eine beliebte Methode für einen möglichst persistenten Wissenstransfer. Im Informatikunterricht ist diese Methode bisher nur sehr begrenzt einsetzbar, da Artefakte oftmals virtuell, theoretisch und prozessorientiert sind. Durch pervasive Technologien ist diese Lehrmethode jedoch inzwischen in einer augmentierten und virtuellen Form realisierbar. Dieser Artikel stellt das pervasive Lernspiel RouteMe vor, welches Ad-hoc-Netzwerke auf reale Umgebungen abbildet und Spieler auf eine interaktive Exkursion in die Welt dynamischer Routingprotokolle einlädt.

Summary. Field Trips are a well established approach to link learning content to real world experiences beyond lecture rooms. Thus, they are a popular method to achieve a persistent knowledge transfer in several disciplines. To some extent, computer science education lacks in such methods as many aspects of the field are theoretical, virtual, and focused on processes. But meantime, pervasive technologies can be used to realize field trips in an augmented and virtual manner. This article introduces the pervasive learning game RouteMe that maps ad hoc networks on real world environments and invites playing learners to an interactive excursion into the world of dynamic routing protocols.

1. Motivation

Pervasive Spiele (Pervasive Games) verwischen die Grenze zwischen der realen Welt und virtuellen Spielwelten durch pervasive Konzepte und Technologien. Dazu gehören z. B. intelligente Alltagsgegenstände, drahtlose Kommunikation, mobile Geräte und die Auswertung von Kontextinformationen. Heute existiert ein breites Spektrum an pervasiven Spielen, die anhand verschiedener Kriterien klassifiziert werden können. Eine verbreitete Klassifikation erfolgt anhand des Genres (Magerkurth et al. 2005):

- Ortsbezogene Spiele beziehen die Positionen von Spielern und Spielobjekten ein.
- Augmented Tabletops erweitern Brettspiele durch Pervasive Technologien.

- Intelligentes Spielzeug verwendet (meist unsichtbar) Pervasive Technologien um klassische Spielzeuge mit zusätzlichen Funktionen zu versehen.
- Augmented-Reality-Spiele überlagern die reale Welt mit virtuellen Elementen.
- Affektive Spiele beziehen intimen Nutzerkontext ein (z. B. Emotionen, Gehirnströme).

Nicht jedes pervasive Spiel kann klar einer bestimmten Kategorie zugeordnet werden. Viele Augmented-Reality-Spiele nutzen beispielsweise Ortsinformationen, um sich mit virtuellen Welten zu synchronisieren. Ebenso ist der Großteil der Augmented Tabletops gleichzeitig Intelligentes Spielzeug. Dennoch gibt diese Klassifikation einen guten Einblick

über die technische und spielerische Vielfalt derartiger Lösungen.

Eine weitere Klassifikation ist anhand des Anwendungsbereiches möglich. Jeder Bereich verbindet eigene Anforderungen und Ziele mit pervasiven Spielen. Im Gegensatz zu pervasiven Spielen im Entertainment-Bereich behandelt dieser Artikel ein pervasives Lernspiel und macht sich somit einerseits den Spieltrieb des Menschen zu Nutze, um die Lernmotivation zu steigern. Andererseits werden alltägliche Situationen, Handlungen und Erlebnisse adressiert, um den Lerner emotional zu involvieren und somit ein tieferes und dauerhafteres Verständnis des Lerninhalts zu fördern.

Lernspiele treten im Allgemeinen in einer der beiden Ausprägungen auf (Johnson et al. 2011):

DOI 10.1524/icom.2013.0007

Dieser Artikel ist eine erweiterte und aktualisierte Fassung des auf der 10. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2012) mit dem Best Paper Award ausgezeichneten Beitrags.

- Als eigenständige Spiele ohne didaktischen Rahmen, die in sich abgeschlossene Lerneinheiten umfassen, benötigen sie üblicherweise keine Einführung durch einen Dozenten oder Spielleiter und können deshalb ad-hoc gespielt werden.
- Als didaktisches Mittel innerhalb eines traditionellen Kurses – etwa einer Vorlesung, einer Übung oder eines Seminars – behandeln Lernspiele konkrete Aspekte eines Kursthemas, eröffnen Studierenden eine neue Sichtweise auf das Material und können sie auf komplexere und nuanciertere Weise in diese Inhalte einbeziehen.

Unabhängig von der konkreten Ausprägung benötigen derartige Lernspiele Software und Hardware, die die Verschmelzung digitaler Inhalte mit dem Alltag des Lerner unterstützen. Die Anzahl der Nutzer, die primär mobile Nutzerendgeräte wie Smartphones und Tablet-PCs für den Internetzugang verwenden, wächst beständig (Johnson et al. 2011). Somit steigt auch der Anteil der Lerner, die mobile Geräte zum Konsum von Lerninhalten nutzen. Mobilität ist inzwischen einer der wesentlichen Trends für Lernsysteme im Allgemeinen und Lernspiele im Speziellen. Daher ist es kaum verwunderlich, dass Lerner an Hochschulen und anderen weiterführenden Bildungseinrichtungen zunehmend entsprechende Geräte besitzen, mit deren Umgang vertraut sind und ihnen eine wichtige Rolle im alltäglichen Leben zugestehen.

Dieser Artikel demonstriert anhand einer konkreten Fallstudie, wie der Bedarf nach innovativen und mobil nutzbaren Lernmaterialien gezielt für die universitäre Aus- und Weiterbildung gedeckt werden kann. Das vorgestellte mobile und pervasive Lernspiel führt Studenten in das Thema „Routing in ad-hoc Netzwerken“ ein. Es ergänzt traditionelle Vorlesungen im Bereich Rechnernetze durch ein interaktives Erlebnis und vertieft somit spielerisch die in der Vorlesung vermittelten Inhalte.

Nach einer Betrachtung ausgewählter verwandter Lernspiele werden in Abschnitt 3 die Rahmenbedingungen des relevanten Lernszenarios betrachtet. Abschnitt 4 widmet sich darauf aufbauend dem entworfenen Spielkonzept,

bevor Abschnitt 5 dessen Implementierung erläutert. Anschließend wird die Evaluierung des entwickelten Spiels im Rahmen einer realen Lehrveranstaltung vorgestellt. Der Artikel schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse sowie einem Ausblick auf weitere Arbeiten.

2. Verwandte Arbeiten

Savannah (Benford et al. 2004) ist eines von vielen Beispielen für ein eigenständiges, pervasives Lernspiel. Das ortsbewusste Kinderspiel vermittelt Verhaltensmuster von Löwen in freier Wildbahn. Es ist inhaltlich unabhängig von anderen Lerneinheiten und kann ohne Vorwissen gespielt werden. Als Nutzungsschnittstelle kommt ein klassischer Personal Digital Assistant (PDA) zum Einsatz, wobei das Spielkonzept jedoch auch problemlos auf die aktuelle Smartphone-Generation übertragen werden könnte. Der PDA zeigt dem Spieler als Löwen die aktuelle Wahrnehmung (z. B. Witterung von Beute) abhängig von dessen realer Spielerposition. Ziel ist es, kollaborativ mit anderen Spielern/Löwen Aufgaben, wie das Erlegen eines Gnus und das Beschützen des Nachwuchses, zu erfüllen.

Während *Savannah* ein im Vorfeld festgelegtes Thema erschließt, gehen andere Spiele wie *KnowledgeWar* (Wang, Wu und Bakken 2010) generischer vor. Durch das Spiel können Lerner einander mit Fragen aus vordefinierten Fragensets konfrontieren. Es gibt keine Grenzen hinsichtlich der Fragenset-Themen, so dass sich der inhaltliche Fokus des Spiels von Instanz zu Instanz ändern kann. Dieses Spiel kann – obwohl im Prinzip eigenständig – auch innerhalb eines Kurses eingesetzt werden, um das Lernthema zu festigen.

Im Vergleich zu *KnowledgeWar* wurden Spiele wie *Tamsui courseware* (Chang et al. 2009) für die Ergänzung traditioneller Kurse zu konkreten Themen entwickelt. Das System erweitert den Unterricht zu Tamsai (Taiwans Kulturhistorik) um eine spielerische Dimension. Das ortsbewusste Spiel nutzt RFID-Tags für verschiedene Lernaktivitäten. Die Tags werden beispielsweise genutzt, um virtuelle Objekte an reale Objekte zu binden, die im Rahmen des Spiels gefun-

den und ausgewertet werden müssen. Zusätzlich ist das Spiel an eine Lernplattform angebunden, die es erlaubt neue Lernaktivitäten für bestimmte Lerneinheiten zu definieren.

Darüber hinaus existiert eine große Vielfalt weiterer kursgebundener Spiele, beispielsweise für Sprachkurse (Chen und Tsai 2009) und im Bereich der Medienpädagogik (Spikol, Petterson und Gerestrand 2009).

3. Rahmenbedingungen

Inhaltsgebundene Lernspiele müssen mit einem engen Bezug zu den zu vermittelnden Lerninhalten sowie die adressierten Lerner und die vorherrschenden technischen Gegebenheiten entwickelt werden, um einerseits als integraler Bestandteil akzeptiert zu werden und andererseits motivierend statt frustrierend zu wirken. Im Folgenden werden die konkreten Rahmenbedingungen des Lernspiels *RouteMe* betrachtet.

3.1 Lernziel

Das Lernziel von *RouteMe* ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses von Routing-Protokollen für mobile Ad-hoc Netze (MANETs). Dies sind hochflexible und adaptive Netzwerke, die keine statischen Strukturen, wie eine vordefinierte Topologie oder verlässliche Infrastrukturen, voraussetzen. Sie definieren sich ausschließlich über eine Menge von mobilen und meist ressourcenarmen Knoten, deren veränderbare Verbindungen untereinander sowie ein gemeinsames Ziel, beispielsweise das Messen von Umgebungsparametern innerhalb eines Sensornetzwerks. Die Knotenverbindungen sind in der Regel drahtlos (z. B. über WLAN, Bluetooth oder Zigbee) und unzuverlässig. Sie können daher spontan abgebrochen oder etabliert werden.

Erfahrungen in der traditionellen Lehre zeigten, dass Studierende oft kein Verständnis für die spezifischen Beschränkungen der Kommunikation in einem Ad-hoc Netz zeigen, sondern in gewohnter Perspektive des Systementwicklers beständig Weltwissen auch für das Routing voraussetzen. Designent-

scheidungen insbesondere in reaktiven Routingprotokollen sind für sie daher oft schwer nachvollziehbar. Die Spieler des Lernspiels sollen deshalb die spezifischen Eigenschaften und Beschränkungen dieser Netze „erleben“ und ein besseres Verständnis für Routing-Mechanismen in MANETs entwickeln.

RouteMe betrachtet MANET-Routing-Protokolle im Allgemeinen, ohne sich auf ein bestimmtes Protokoll zu konzentrieren. Trotz Erweiterbarkeit des Spiels um andere Protokolle beziehen sich die folgenden Ausführungen auf Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) (Perkins, Belding-Royer und Das 2003) als beispielhaftes Protokoll. AODV ist ein reaktives Protokoll, das erst zu Beginn eines Datentransfers Routen innerhalb des MANETs ermittelt.

3.2 Zielgruppe

Die Eigenschaften der Zielgruppe sind entscheidende Design-Kriterien für IT-Systeme im Allgemeinen und pervasive Spiele im Speziellen. Im vorliegenden Fall besteht diese größtenteils aus Master-Studierenden der Informatik und verwandter Fachrichtungen. Diese sind in der Regel aufgeschlossen gegenüber innovativen technischen Konzepten und lassen sich schnell für IT-gestützte Lernspiele begeistern.

Um für eine zielgruppengerichtete Entwicklung mehr über die technische Ausstattung der Studierenden sowie ihre generelle Einstellung zu Lernspielen zu erfahren, wurde im Wintersemester 2010/11 eine umfassende Umfrage in der relevanten Zielgruppe der Universität Potsdam durchgeführt (Lucke 2011). Der Großteil der betreffenden Studenten besitzt mobile Geräte wie Notebooks und Smartphones mit GPS-Sensor, die als Plattformen für ein ortsabhängiges, webbasiertes Lernspiel in Betracht kommen. Die meisten Studierenden nutzten für Datenverbindungen das heimische bzw. Campus-WLAN, seltener einen eigenen Internet-Tarif.

55 % der Befragten bevorzugten unterhaltsame Spiele gegenüber ernsthaften oder sportlichen Spielen. In Bezug auf das Spielgenre stehen Adventures und Rallyes in der Gunst der Studie-

renden, während andere Spielgenres wie Quizzes oder Würfelspiele etwas schlechter abschneiden.

Die Umfrageergebnisse führten zu der Entscheidung ein aktives, aber nicht zu sportliches Spiel zu konzipieren. Studierende sollen zudem Smartphones zum Spielen verwenden können, wobei aber aufgrund der Herstellervielfalt kein konkretes Gerät bevorzugt wird. Um auch Studierenden ohne Smartphone die Teilnahme zu ermöglichen, beinhaltet das Spiel außerdem eine stationäre Komponente für klassische PCs und Notebooks.

3.3 Didaktische Einbettung

Das Spiel *RouteMe* ist nicht als eigenständiges Lernangebot, sondern zur Einbettung in traditionelle Lehrveranstaltungen konzipiert. Beispielsweise kann es als didaktisches Mittel innerhalb einer klassischen Vorlesung oder Übung zum Thema Computernetze bzw. als alternative Übung zum Einsatz kommen. Eine vorherige Einführung in das Thema MANETs wird dabei empfohlen, damit die Routing-Entscheidungen innerhalb des Spielsystems nachvollzogen, bewertet und – vor allem in hohen Schwierigkeitsstufen – strategisch eingesetzt werden können.

Im Folgenden wird ein beispielhaftes Lernszenario beschrieben: Zunächst sollten MANETs sowie die Herausforderungen und Strategien beim Routing in derartigen Netzen im Rahmen einer Vorlesung behandelt werden. In einer folgenden Lehrveranstaltung (z. B. Übung) werden in ausreichender Menge PCs und Smartphones bereitgestellt, und die Studierenden erhalten eine etwa 15minütige

Einführung in das Spiel und deren Bedienung. Danach werden sie in zwei Gruppen – Knoten und Sender – unterteilt und in einem etwa 10minütigen Testlauf auf dem einfachsten Level mit dem Spiel konfrontiert. Anschließend werden auftretende Fragen zur Bedienung und zu inhaltliche Aspekten diskutiert, bevor die Studierenden das Spiel erneut 2-3 Mal spielen. Währenddessen sind (abhängig vom Lernfortschritt) ein Level-Anstieg oder der Gruppenwechsel von Studierenden denkbar. Abschließend werden die Erlebnisse gemeinsam ausgewertet.

Zudem ist die Nutzung im Kontext komplexerer Lehrszenarien wie größerer Spiele mit eigenständigen Teilspielen denkbar, sofern die thematische Einführung sichergestellt wird.

4. Spielkonzept

Für das Routing-Spiel werden Spieler in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Spieler der ersten Gruppe agieren als mobile Knoten, während die Spieler der zweiten Gruppe Datenpakete über diese Knoten versenden. Durch diese Zweiteilung und den Tausch der Rollen erleben die Studierenden im Spiel einen Perspektivwechsel, der ihnen den Unterschied zwischen lokal eng beschränkter Sicht auf der einen und umfassendem Weltwissen auf der anderen Seite begreifbar macht.

4.1 Knoten-Gruppe

Wie in Bild 1 dargestellt, spielen die Spieler der Knoten-Gruppe im Freien. Sie nutzen dafür GPS- und internetfä-

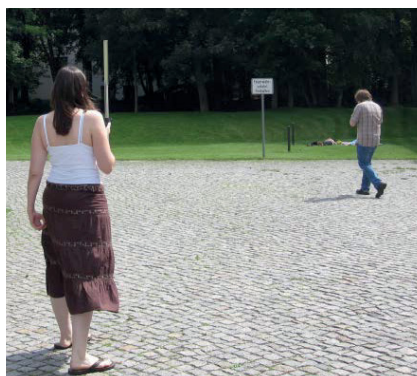


Bild 1: Knoten-Spieler bewegen sich im Freien, bauen spontan Verbindungen untereinander auf und sammeln virtuelle Gegenstände ein.

hige Smartphones, mit denen sie einen mobilen Netzwerkknoten darstellen. Jeder dieser Knoten hat wiederum Verbindungen zu anderen Knoten/Spielern innerhalb des eigenen *Kommunikationsbereichs* und abhängig von der realen Entfernung der Spieler zueinander. Die Größe des Kommunikationsbereichs ergibt sich aus der simulierten Signalstärke. Zusätzlich hat jeder Knoten eine eigene virtuelle Batterielaufzeit, nach deren Ablauf er als deaktiviert gilt.

Die Knoten-Spieler können sich in einem im Vorfeld festgelegten Gebiet bewegen und müssen in diesem virtuelle Gegenstände innerhalb ihres *Sammelbereichs* einsammeln. Dazu gehören beispielsweise Batterien zur Verlängerung der Laufzeit sowie Signalstärke-Booster zur Erhöhung der eigenen Signalreichweite. Die abhängig von der eigenen Position in der Nähe befindlichen virtuellen Gegenstände werden den Spielern auf den Smartphones angezeigt. So wie reale MANET-Knoten in ihrer Signalreichweite beschränkt sind, ist auch der für jeden Spieler sichtbare Bereich auf die unmittelbare Umgebung limitiert. Daher sind die Spieler gezwungen ihre Position zu ändern, um virtuelle Gegenstände zu finden. Durch diesen Positionswechsel gewinnt das Netzwerk an Dynamik, denn Verbindungen reißen ab und bilden sich neu. Auf der einen Seite verdienen sich die Spieler Spielpunkte durch jede bestehende Verbindung zu anderen Knoten sowie jedes Datenpaket, das über sie versendet wird. Auf der anderen Seite nimmt die Batterieladung mit zunehmender Anzahl aktiver Verbindungen schneller ab. Somit müssen die Spieler genau zwischen dem Verdienen von Spielpunkten und dem Überleben als aktiver Knoten – d. h. zwischen Selbsterhaltung und höheren Zielen – abwägen.

4.2 Sender-Gruppe

Die Sender-Gruppe ist für das Versenden von Datenpaketen über das durch die andere Gruppe simulierte MANET verantwortlich. Wie Bild 2 zeigt, spielt diese Gruppe mit PCs oder Notebooks (z. B. im Labor oder Seminarraum) und hat einen Überblick über das dynamische Netzwerk. *RouteMe* konfrontiert die Spieler



Bild 2: Spieler der Sender-Gruppe spielen im Seminarraum und versenden Nachrichten über das virtuelle MANET aus Knoten-Spielern.

ständig mit zu versendenden Datenpaketen, die zwischen den Knoten geroutet werden müssen. Je nach Schwierigkeitsstufe müssen die Spieler Start-, Ziel- oder beide Knoten auswählen und erhalten Spielpunkte für jeden Knoten, den das Paket erfolgreich passiert. Sie können dabei nicht in den eigentlichen Routing-Algorithmus eingreifen. Somit müssen Sender-Spieler die Balance zwischen erfolgreich versendeten Paketen und möglichst hoher Anzahl genutzter Knoten finden.

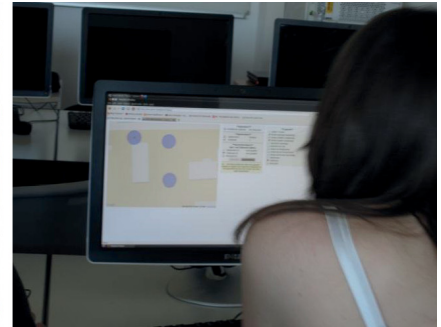
Das Spiel endet nach einer vorgegebenen Spieldauer oder wenn nur noch ein Knoten aktiv ist. Beide Gruppen haben einen eigenen Gewinner, der sich jeweils die meisten Spielpunkte verdient hat.

4.3 Schwierigkeitsstufen

RouteMe kann in verschiedenen Schwierigkeitsstufen gespielt werden und somit dem Wissen und den Fähigkeiten seiner Spieler angepasst werden. Die Assistenz des Spielsystems sinkt mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad, so dass die Spieler immer mehr Verantwortung übernehmen müssen.

Level 1

Diese Stufe dient der Spieleinführung. Die Spieler werden lediglich mit dem Spielkonzept und der Bedienung der Schnittstellen vertraut gemacht. Daher werden noch viele Details des Routing-Protokolls verborgen und transparent durch die Spiellogik ausgeführt. Die Knoten-Spieler müssen in dieser Stufe nur virtuelle Objekte einsammeln und möglichst lange aktiv bleiben. Die Sender-Spieler können die zur Übertragung



genutzten Knoten ohne Einschränkung auswählen, und die Datenpakete unterscheiden sich nicht in ihren Typen und Prioritäten.

Level 2

In der zweiten Stufe werden zusätzliche Möglichkeiten und Aufgaben für Spieler eingeführt. Sie müssen sich über Einzelheiten des Routings bewusst werden. Beispielsweise müssen Knoten-Spieler aktiv HELLO-Nachrichten verschicken, um andere Knoten zu entdecken und sich mit ihnen zu verbinden. Sender-Spieler müssen den Datentransfer an den vorgegebenen Knoten starten und auch Paketpriorisierungen berücksichtigen, sofern diese vom jeweiligen Routingprotokoll unterstützt werden.

Level 3

Auf der höchsten Schwierigkeitsstufe wird die Assistenz auf ein Minimum reduziert. Die Spieler müssen selbstständig komplexe Routing-Entscheidungen treffen. Spieler der Knoten-Gruppe müssen beispielsweise entscheiden, an welchen Nachbarn sie ein ankommendes Datenpaket weiterleiten. Spieler in der Sender-Gruppe werden mit einem breiten Spektrum von Paketprioritäten konfrontiert und müssen unterschiedliche Pakettypen berücksichtigen (z. B. Textnachrichten, VoIP-Pakete).

5. Implementierung des Spiels

Der Kern des entwickelten Systems ist ein Apache-Web-Server. Dieser bietet die PHP-Laufzeitumgebung für die Spiellogik und liefert die webbasierten Benut-

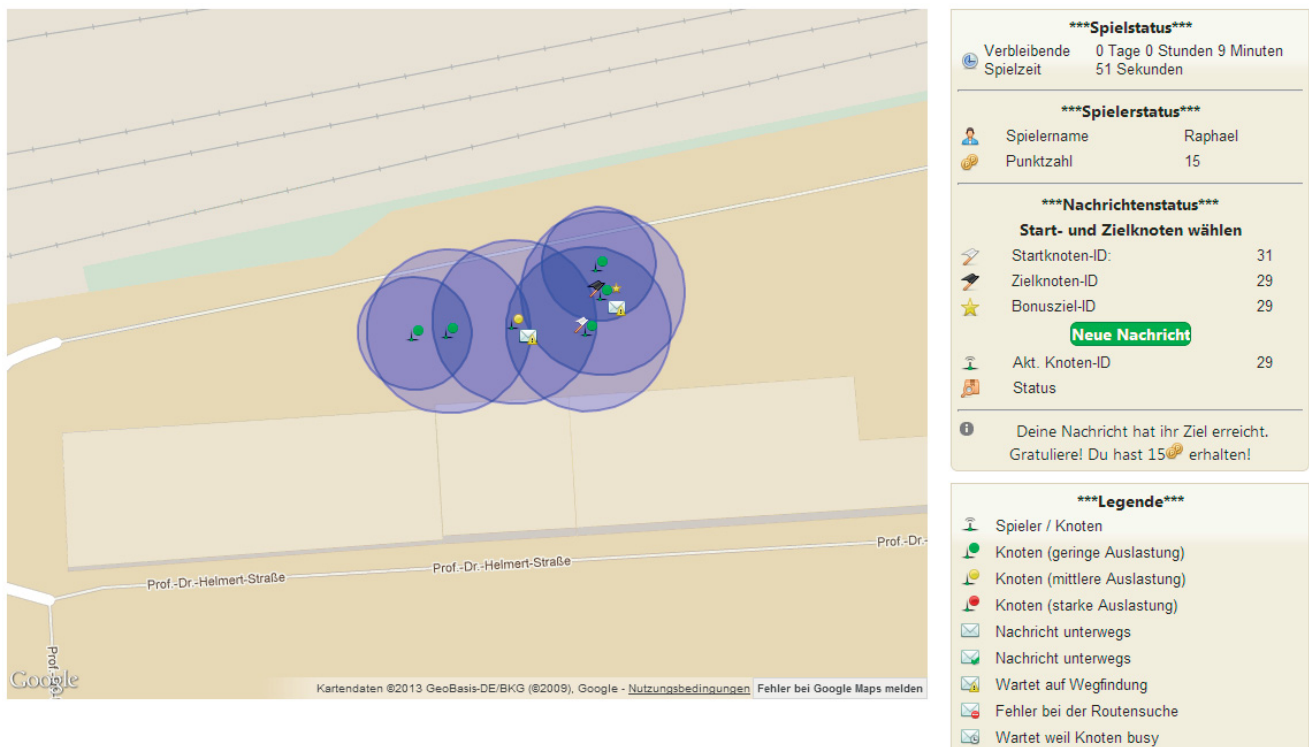


Bild 3: Das Nutzer-Interface für die Sender-Spieler vermittelt einen umfassenden Überblick über das gesamte Szenario.

zungsschnittstellen. Die Spiel- und Spielerdaten wurden in eine MySQL-Datenbank ausgelagert.

Zur Bedienung des Spieles wurden zwei Spieler-Interfaces (Knoten/ outdoor und Sender/indoor) sowie ein Administrator-Interface implementiert. Diese wurden als Web-Anwendungen umgesetzt und erfordern daher beim Spieler nur einen üblichen Web Browser. Das Interface für Spieler der Sender-Gruppe sowie das Administrator-Interface wurden für PCs und Notebooks optimiert. Wie in

Bild 3 dargestellt, präsentiert das Interface der Sender-Gruppe einen vollständigen Überblick über das aktuelle MANET und den Spielbereich unter Nutzung der Google-Maps-API. Zusätzlich werden Informationen über den Spieler, das Spiel und den Status von Datenpaketen angezeigt. Daten werden übertragen, wenn der Spieler auf der Karte Start- und Zielknoten markiert und den Sendevorgang angestoßen hat.

Das in Bild 4 dargestellte Interface für Knoten-Spieler wurde für typische

Smartphone-Bildschirmgrößen sowie die Bedienung über Touchscreens optimiert. Es ist rein Browse-basiert und unterstützt daher verschiedene Plattformen wie iOS, Android oder Windows Phone.

Nach der Anmeldung werden dem Spieler der aktuell für ihn sichtbare Spielbereich sowie ein Überblick über Spiel- und Knotenattribute angezeigt. Zudem werden in der Nähe befindliche virtuelle Objekte dargestellt, die eingesammelt werden können wenn sie sich im Sammelbereich des Spielers befinden. Der Knoten kann eine Verbindung zu anderen Knoten aufbauen, die sich innerhalb seines Kommunikationsbereichs befinden.

Durch das Administrator-Interface wird Lehrenden eine Spielübersicht an die Hand gegeben (u.a. mit Punkteständen und Spielerpositionen). Zudem erlaubt es die grundlegenden Spielparameter festzulegen. Dazu gehören unter anderem der Spielbereich, die Spieldauer, der Schwierigkeitsgrad und das zu simulierende Routing-Protokoll. Weiterhin kann das Spiel gestartet, pausiert und manuell beendet werden.

Die verschiedenen Web-Interfaces benutzen HTML, die AJAX-Bibliotheken, die JavaScript Object Notation (JSON)



Bild 4: Das Nutzer-Interface für die Knoten-Spieler zeigt nur einen eng begrenzten, lokalen Ausschnitt des Spiels.

und das Sencha Touch Framework zur Anpassung an die verschiedenen Gerätetypen sowie ein ansprechendes Schnittstellendesign. Die Implementierung als Web-Anwendung anstelle nativer Anwendungen für verschiedene Gerätetypen erlaubt einerseits die Nutzung des Spieles durch eine große Vielfalt von Smartphones ohne weiteren Anpassungsaufwand. Andererseits führt diese Entscheidung zu einer schlechteren Performance sowie eingeschränkter Funktionalität gegenüber nativen Lösungen. Der Web-Anwendung genügt diese jedoch zugunsten eines breiten Spektrums unterstützter Geräte.

6. Evaluierung

Erste Evaluierungen von *RouteMe* fanden im Rahmen kleinerer Testläufe mit ausgewählten Studierenden statt. Seit dem Wintersemester 2012/13 läuft eine systematische Evaluierung im regulären Lehrbetrieb. Die Grundlage hierfür bildet ein strukturiertes Evaluationskonzept für pervasive Lernspiele (Dehne 2012). Im Rahmen dieses Artikels sollen erste Ergebnisse dieser Evaluierung vorgestellt werden. Diese wurden in kleineren Feldtests gewonnen und sind daher noch nicht ausreichend statistisch belegt. Sie zeigen aber wichtige Tendenzen bezüglich empfehlenswerter Einsatzstrategien, der Akzeptanz und des emotionalen Erlebnisses beim Spielen.

RouteMe wurde als Ergänzung zu einer thematisch passenden Lehrveranstaltung konzipiert. Diesen Rahmen bot eine Übung zum Thema Routing in Ad hoc-Netzen begleitend zur Vorlesung Netzbasierte Datenverarbeitung am Institut für Informatik der Universität Potsdam. Insgesamt nahmen ca. 50 Studierende aus der Informatik und Wirtschaftsinformatik teil, von denen sich 21 am Test des Spiels beteiligten. Der Test wurde an zwei Tagen durchgeführt, wobei an Tag 1 ein Teil der Studierenden die reguläre Übung besuchte während der andere Teil *RouteMe* spielte. Am zweiten Tag wurden die Gruppen getauscht. Zudem bildete sich eine dritte Gruppe aus Nichtspielern, die an einem der beiden Tage nur an der Übungsveranstaltung teilnahmen, da sie

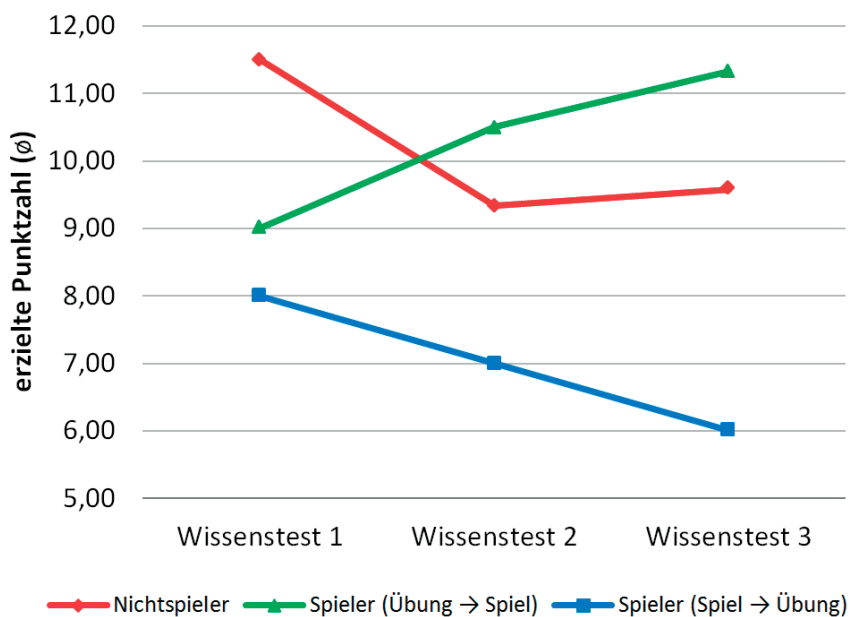


Bild 5: Studierende, die zuerst die Übung besuchten und danach *RouteMe* spielten, zeigten einen größeren Wissenszuwachs.

nicht an beiden Tagen verfügbar waren und die reguläre Veranstaltung pragmatisch eher Prüfungsrelevanz besitzt als *RouteMe*.

Zur Messung des erzielten Wissens bzw. des Erkenntnisgewinns aus den einzelnen Veranstaltungsterminen wurden vor Tag 1 sowie vor Tag 2 und nach Tag 2 jeweils Wissenstests durchgeführt. Bild 5 stellt die Ergebnisse dieser Tests für die einzelnen Gruppen gegenüber. Die einzelnen Tests hatten verschiedene Schwierigkeitsgrade. Zudem können abweichende Leistungsniveaus der einzelnen Gruppen zugelassen werden. Daher sind hier nicht die absolut erreich-

ten Punktzahlen von Relevanz, sondern der Trend („aufwärts“ oder „abwärts“) zwischen den beiden Testgruppen bzw. der Vergleich zur Kontrollgruppe.

Obwohl die Teilnehmerzahl für signifikante Aussagen zu klein war, deuten diese Ergebnisse jedoch klar auf einen höheren Wissenszuwachs bzw. Lernerfolg bei denjenigen Studierenden hin, die zuerst die Übung besuchte und anschließend *RouteMe* spielte, hin.

Bild 6 stellt zusätzlich das durchschnittliche emotionale Spielerlebnis als semantisches Differential (Bortz und Döring 2006) in Form eines Polaritätsdiagramms dar (Dehne 2012). Die Studierenden haben die dargestellten

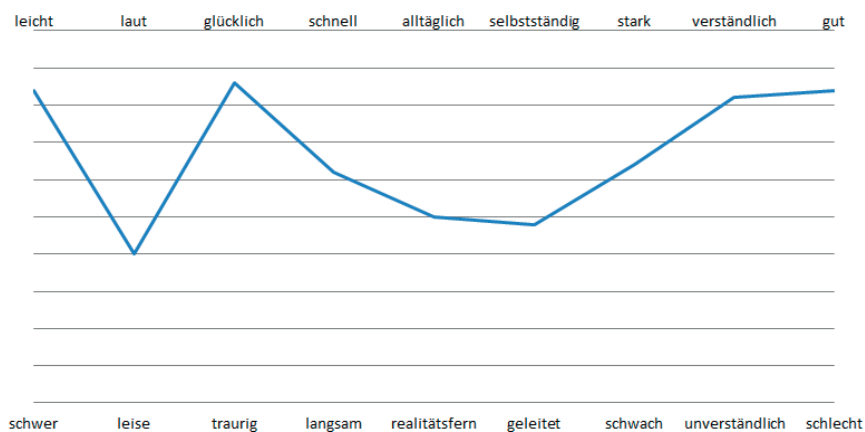


Bild 6: Das Polaritätsdiagramm zum Spielerlebnis (Durchschnitt) bezeugt einen insgesamt positiven Eindruck von *RouteMe* bei den Spielern.

Assoziationen auf einer Skala von 1–6 unmittelbar nach dem Spiel angegeben. Besonders die Erzeugung der Assoziationen *glücklich*, *verständlich* und *gut* deuten auf eine positives Spielerlebnis hin. Die eher ambivalenten Assoziationen wie *alltätlich/realitätsfern* und *selbstständig/geleitet* liegen wahrscheinlich im Spielinhalt (virtuelle Protokolle) und der Art der Spieldurchführung (vorangehende Einführung) begründet.

Zudem ergaben weitere Umfragen unter *RouteMe*-Spielern, dass ihnen die Spiele Vergnügen bereiteten. Der Großteil hatte zudem keine Probleme bei der Bedienung des Spieles und schätzt derart interaktive Lernmethoden im Allgemeinen sowie pervasive Spiele im Speziellen für die universitäre Ausbildung.

Die vorgestellten Untersuchungen werden in den kommenden Semestern wiederholt, um eine belastbarere Datenbasis zu erhalten. Dabei sollen das Thema bzw. das Lernspiel zu einem früheren Zeitpunkt im Semester eingebunden werden, um den Anteil dann noch aktiver Studierender zu erhöhen (bzw. durch das Spiel möglichst auch höher zu halten).

7. Zusammenfassung und Ausblick

Heute existiert neben Spielen im Entertainment- und Tourismus-Bereich auch ein breites Spektrum an pervasiven Lernspielen. Diese vermitteln Lerninhalte auf spielerische und somit stärker motivierende Art und Weise als traditionelle Medien. Durch die Einbeziehung der realen Umgebung der Spieler sind sie zudem in der Lage, Spieler auf emotionaler Ebene anzusprechen und Lerninhalte gezielt im Langzeitgedächtnis zu verankern.

Das vorgestellte Lernspiel *RouteMe* adressiert Lerner im Bereich mobiler Ad-hoc Netzwerke. Die Spieler werden im Rahmen eines Kurses, etwa an einer Hochschule, mit den Routing-Grundlagen in diesen speziellen Netzen vertraut gemacht. Anschließend können sie sich

mittels *RouteMe* und durch GPS-fähige Smartphones/Tablets selbst in die Situation mobiler Knoten versetzen und die Herausforderungen des Routings in Ad-hoc Netzen „erleben“. Dazu gehören beispielsweise ständige wechselnde Topologien und abnehmende Akkulaufzeiten mit zunehmender Anzahl von Verbindungen/Übertragungen.

Erste Evaluierungen im regulären Lehrbetrieb an der Universität Potsdam lassen bereits vielversprechende Tendenzen in Bezug auf Einsatzstrategien, Akzeptanz und Spielerlebnis erkennen. Um diese aussagekräftig zu untermauern, wird das Spiel im Rahmen weiterer Lehrveranstaltungen zum Einsatz kommen. Zudem befindet sich die Veröffentlichung des Spiels in Vorbereitung, so dass die Evaluierung an anderen Bildungseinrichtungen ermöglicht wird.

Erweiterungen des Lernspiels umfassen u. a. weitere Bedienkonzepte neben herkömmlichen Touch-Displays von Smartphones. Diese lenken einen Großteil der Aufmerksamkeit mobiler Spieler auf das Gerät und erschweren somit die aktive Interaktion mit Mitspielern. Um diese zu fördern, werden Spielergesten eingebunden, die über die Bewegungssensorik der genutzten Geräte erfasst werden können (Pfeiffer, Zender und Lucke 2011). Beispielsweise kann die Datenübertragung auf Wurfbewegungen der Sender in Richtung der Empfänger abgebildet werden. Zudem sind die Einbindung weiterer Routing-Protokolle neben AODV sowie die Entwicklung und Implementierung zusätzlicher Spiellevel derzeit in Arbeit.

Literatur

Benford, S.; Rowland, D.; Flintham, M.; Hull, R.; Reid, J.; Morrison, J.; Facer, K.; Clayton, B.: Savannah: Designing a location-based game simulating lion behaviour. In: Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, Singapur: ACM, 2004.

Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer, 2006.

Chang, W.; Wang, T.; Lin, F.; Yang, H.: Game-Based Learning with Ubiquitous Technologies. IEEE Internet Computing 13(4) (2009) 26–33.

Chen, C.; Tsai, Y.: Interactive Location-Based Game for Supporting Effective English Learning. In: 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, Wuhan: IEEE Computer Society, 2009.

Dehne, J.: Evaluation pervasiver Lernspiele (Bachelorarbeit). Universität Potsdam, 2011. <http://apache.cs.uni-potsdam.de/de/profs/ifi/mm/studentische-arbeiten/Dehne2012.pdf> (Letzter Zugriff: 14.02.2013)

Johnson, L.; Smith, R.; Willis, H.; Levine, A.; Haywood, K.: The 2011 Horizon Report. Austin: The New Media Consortium, 2011.

Lucke, U.: A Pervasive Game for Freshmen to Explore Their Campus: Requirements and Design Issues. In: Proceedings of the IADIS International Conference on Mobile Learning, Avila: IADIS, 2011.

Magerkurth, C.; Cheok, A. D.; Mandryk, R. L.; Nilsen, T.: Pervasive games: bringing computer entertainment back to the real world. Computers in Entertainment (CIE) 03(3) (2005) 4–23.

Perkins, C.; Belding-Royer, E.; Das, S.: Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561. The Internet Society, 2003.

Pfeiffer, L.; Zender, R.; Lucke, U.: Gestenerkennung auf mobilen Geräten: Aktueller Stand und Potential für das Lernen. In: DeLFI 2011: Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik – Poster, Workshops, Kurzbeiträge, Dresden: GI, 2011.

Spikol, D. and Pettersson, O. and Gerestrand, A.: Designing Pervasive Games to Support University Studies in Media Technology. In: Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Riga: IEEE Computer Society, 2009.

Wang, A.I.; Wu, B.; Bakken, S.K.: Experiences from implementing a face-to-face educational game for iPhone/iPod Touch. In: International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference (ICE-GIC), Hong Kong: IEEE Computer Society, 2010.

1 Dr.-Ing. Raphael Zender ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Komplexe Multimediale Anwendungsarchitekturen an der

Universität Potsdam. Er hat die Entwicklung des Routing-Spiels wissenschaftlich und organisatorisch koordiniert.

E-Mail: raphael.zender@uni-potsdam.de

2 Julian Dehne, B.A. B.Ed., studiert Informatik und Politik auf Lehramt und ist wissenschaftliche Hilfskraft im Projekt E-Learning in Studienbereichen (eLiS) an der Universität Potsdam. Er hat in seiner Bachelorarbeit ein Evaluationskonzept für pervasive Lernspiele entwickelt.

E-Mail: julian.dehne@uni-potsdam.de

3 Hendrik Geßner studiert Informatik und ist studentische Hilfskraft im Projekt E-Learning in Studienbereichen (eLiS) an der Universität Pots-

dam. Er war maßgeblich an der Implementierung des Spiels *RouteMe* beteiligt.

E-Mail: hendrik.gessner@uni-potsdam.de

4 Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrike Lucke ist Inhaberin des Lehrstuhls für Komplexe Multimediale Anwendungsarchitekturen und Chief Information Officer (CIO) an der Universität Potsdam. Das vorgestellte Lernspiel wurde/wird unter Ihrer Leitung entwickelt und in der Informatiklehre eingesetzt.

E-Mail: ulrike.lucke@uni-potsdam.de



1



2



3



4