

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

Raphael Zender, Tobias Moebert, Ulrike Lucke

Institut für Informatik
Universität Potsdam
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam
vorname.nachname@uni-potsdam.de

Abstract: 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 pervasiv Lernspiel *RouteMe* vor, welches Ad-hoc-Netzwerke auf reale Umgebungen abbildet und Spieler auf eine interaktive Exkursion in die Welt dynamischer Routingprotokolle einlädt.

1 Motivation

Pervasive Spiele verwischen die Grenzen zwischen der realen Welt und virtuellen Spielwelten durch pervasive Konzepte und Technologien. Dazu gehören beispielsweise 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 Spielgenres [MCMN05]:

- **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.
- **Affective Spiele** beziehen intimen Nutzerkontext ein (z. B. Emotionen).

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 Vielfalt derartiger Spiele.

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 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 zwei Ausprägungen auf. Zum Einen als eigenständige Spiele ohne didaktischen Rahmen, die in sich abgeschlossene Lerneinheiten umfassen. Sie benötigen üblicherweise keine Einführung durch einen Dozenten oder Spielleiter und können ad-hoc gespielt werden. Zum Anderen dienen Lernspiele als didaktisches Mittel innerhalb eines traditionellen Kurses – beispielsweise einer Vorlesung oder einem Seminar. Diese Spiele behandeln konkrete Aspekte eines Kursthemas, eröffnen Studierenden eine neue Sichtweise auf das Material und können sie auf komplexere und nuanciertere Weise in diese Inhalte einbeziehen [JSW⁺].

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 [JSW⁺]. 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 pervasiv 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 dieser Bedarf gezielt für die universitäre Aus- und Weiterbildung gedeckt werden kann. Das vorgestellte mobile, 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 im Rahmen eines Testlaufs vorgestellt. Dieser Artikel schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse sowie einem Ausblick auf weitere Arbeiten.

2 Verwandte Arbeiten

Savannah [BRF⁺04] 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 Nutzerschnittstelle 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, zu erfüllen.

Während *Savannah* ein im Vorfeld festgelegtes Thema erschließt, gehen andere Spiele wie *KnowledgeWar* [WWB10] 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 – innerhalb eines Kurses eingesetzt werden, um das Lernthema zu festigen.

Im Vergleich zu *KnowledgeWar* wurden Spiele wie *Tamsui courseware* [CWLY09] bereits im Vorfeld auf reale Kurse zu konkreten Themen ausgelegt. 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 gefunden und ausgewertet werden müssen. Zusätzlich ist das Spiel an eine Lernplattform angebunden, die es erlaubt neue Lernaktivitäten für bestimmte Lerneinheiten zu definieren.

Neben diesem Beispiel existiert eine große Vielfalt weiterer kursgebundener Spiele, beispielsweise für Sprachkurse [CT09] und im Bereich der Medienpädagogik [SPG09].

3 Rahmenbedingungen

Kursgebundene Lernspiele müssen mit einer engen Anlehnung an betreffende Kurse, die adressierten Lerner sowie 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 Netzwerke (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 und 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 abbrechen oder etabliert werden.

Die Spieler des Lernspiels sollen 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 fokussieren. Trotz Erweiterbarkeit um andere Protokolle beziehen sich die folgenden Ausführungen auf *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV) [PBRD03] als beispielhaftes Protokoll. AODV ist ein reaktives Protokoll, dass 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 dieses größtenteils aus Master-Studierende 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 [Luc11]. Der Großteil der betreffenden Studenten besitzt mobile Geräte wie Laptops und Smartphones, die als Zielplattformen für das Lernspiel in Betracht kommen. Zudem bevorzugen 55% der Befragten unterhaltsame Spiele gegenüber ernsthaften oder sportlichen Spielen. In Bezug auf das Spielgenre stehen Adventures und Rallyes in der Gunst der Studierenden, 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 Laptops.

3.3 Didaktische Einbettung

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

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 erste Gruppe agiert als mobile Knoten während die Spieler der zweiten Gruppe Datenpakete über diese Knoten versenden.

4.1 Knoten-Gruppe

Wie in Abbildung 1 dargestellt, spielen die Spieler der Knoten-Gruppe im Freien. Sie nutzen dafür GPS- und internetfähige Smartphones, mit denen sie einen mobilen Netzwerkknoten darstellen. Jeder dieser Knoten hat wiederum Verbindungen zu anderen Knoten/Spielern, die aus der simulierten Signalstärke und realen Entfernung der Spieler zueinander berechnet werden. Zusätzlich hat jeder Knoten eigene virtuelle Batterielaufzeit, nach deren Ablauf er als deaktiviert gilt.



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

Die Knoten-Spieler können sich in einem im Vorfeld festgelegten Gebiet bewegen und müssen hier virtuelle Gegenstände einsammeln. Dazu gehören beispielsweise Batterien zur Verlängerung der Laufzeit sowie Signalstärke-Booster zur Erhöhung der eigenen Signalreichweite. Die virtuellen Gegenstände werden den Spielern abhängig von ihrer Position 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 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 abwägen.

4.2 Sender-Gruppe

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

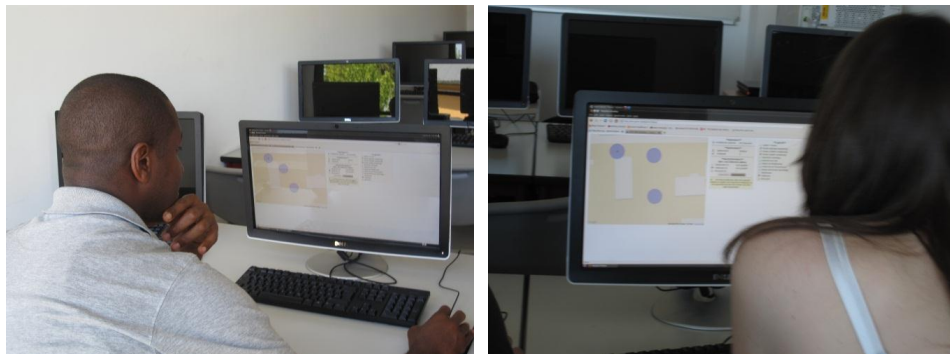


Abbildung 2: Spieler der Sender-Gruppe spielen im Seminarraum und versenden Nachrichten über das virtuelle MANET aus Knoten-Spielern.

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 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 und Spieler müssen selbstständig komplexe Routing-Entscheidungen treffen. Spieler der Knoten-Gruppe müssen beispielsweise entscheiden an welchen Nachbarn sie ein ankommendes Datenpaket weiter routen. Spieler in der Sender-Gruppe werden mit einem breiten Spektrum von Paketprioritäten konfrontiert und müssen unterschiedliche Pakettypen berücksichtigen (z. B. Textnachrichten, VoIP-Pakete).

5 Systemimplementierung

In Abbildung 3 ist die Grobarchitektur des Lernspiels dargestellt. Der Kern des implementierten Systems ist ein Apache-Web Server. Dieser bietet die PHP-Laufzeitumgebung für die Spiellogik. Die Spiel- und Spielerdaten wurden in eine MySQL-Datenbank ausgelagert. Der Zugriff auf die Daten wird über *Doctrine*, ein Framework zur objektrelationalen Abbildung, abstrahiert und somit vereinfacht.

Zur Bedienung des Spieles wurden zwei Spieler-Interfaces und 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

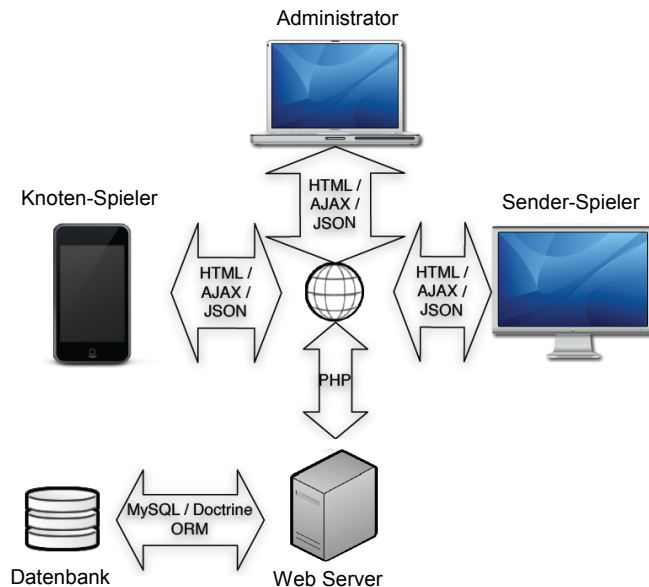


Abbildung 3: RouteMe-Grobarchitektur

sowie das Administrator-Interface wurden für PCs und Laptop optimiert. Wie in Abbildung 4 dargestellt, präsentiert das Interface der Sender-Gruppe einen 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 Karte markiert hat.

Das in Abbildung 5 dargestellte Interface für Knoten-Spieler wurde für typische Smartphone-Bildschirmgrößen sowie die Bedienung über Touchscreens optimiert. Es unterstützt verschiedene Plattformen wie iOS, Android oder Windows Phone.

Nach der Anmeldung wird 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 hat eine Verbindung zu anderen Knoten, die sich innerhalb des *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 in einer Liste 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.

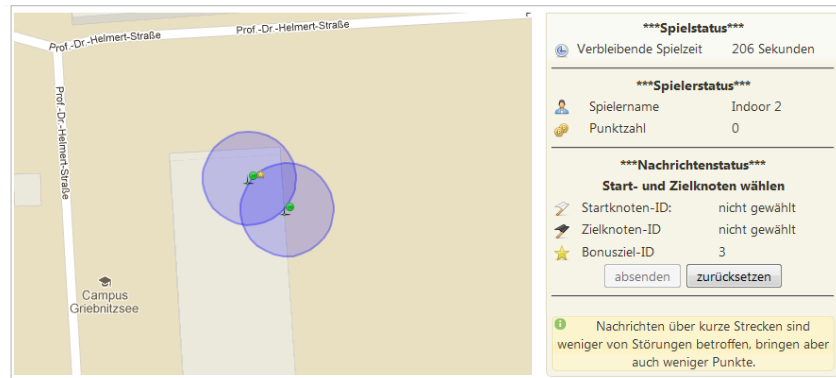


Abbildung 4: Nutzer-Interface für Sender-Spieler

Die verschiedenen Web-Interfaces benutzen HTML, die AJAX-Bibliotheken, die JavaScript Object Notation (JSON) und das Sencha Touch Framework zur Anpassung an die verschiedenen Gerätetypen.

6 Evaluierung

Erste Evaluierungen von *RouteMe* fanden im Rahmen kleinerer Testläufe mit ausgewählten Studierenden statt. Eine systematische Evaluierung im laufenden Lehrbetrieb befindet sich in Vorbereitung. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind somit nicht ausreichend statistisch belegt, zeigen aber erste Tendenzen bezüglich Mehrwert und Akzeptanz des Lernspiels.

Mehr als zehn Studierende und universitäre Mitarbeiter nahmen an jedem Testlauf teil. Sie erhielten eine Einführung zu Routing-Mechanismen in MANETs und der Bedienung der *RouteMe*-Anwendungen. Nach dem Spiel wurden die Teilnehmer in Form von Fragebögen um Feedback gebeten. Abbildung 6 fasst die wichtigsten Ergebnisse grafisch zusammen.

Alle Spieler hatten Vergnügen während der Testläufe. Der Großteil hatte zudem keine Probleme bei der Bedienung des Spieles und schätzt derart interaktive Lernmethoden im Allgemeinen sowie pervasiver Spiele im Speziellen für die universitäre Ausbildung. Auch wenn sich nur 40% der Spieler eine Rahmenhandlung wünschen liegt die Vermutung nahe, dass die Einbettung in einen didaktischen Rahmen (z. B. Vorlesung/Übung zum Thema) das Verständnis der Routing-Thematik zusätzlich fördert.



Abbildung 5: Nutzer-Interface für Knoten-Spieler

7 Zusammenfassung und Ausblick

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

Das in diesem Artikel vorgestellte Lernspiel *RouteMe* adressiert Lerner im Bereich mobiler Ad-hoc Netzwerke. Die Spieler werden im Rahmen eines traditionellen Kurses, beispielsweise an einer Hochschule, mit den theoretischen und technischen Routing-Grundlagen in diesen speziellen Netzen vertraut gemacht. Anschließend können sie sich mittels *RouteMe* und durch eigene GPS-fähige Smartphones und Tablets selbst in die Situation eines mobilen Knotens 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 mit einem ausgewählten Nutzerkreis lassen bereits vielversprechende Tendenzen in Bezug auf Mehrwert und Akzeptanz erkennen. Um diese aussagekräftig zu untermauern, wird das Spiel im Rahmen einer Lehrveranstaltung zum Einsatz kommen und in größerem Rahmen evaluiert.

Erweiterungen des Lernspiels fokussieren derzeit weitere Bedienkonzepte neben herkömmlichen Touch-Displays heutiger Smartphones. Diese lenken einen Großteil der Aufmerksamkeit mobiler Spieler auf das Smartphone und erschweren somit die aktive Interaktion

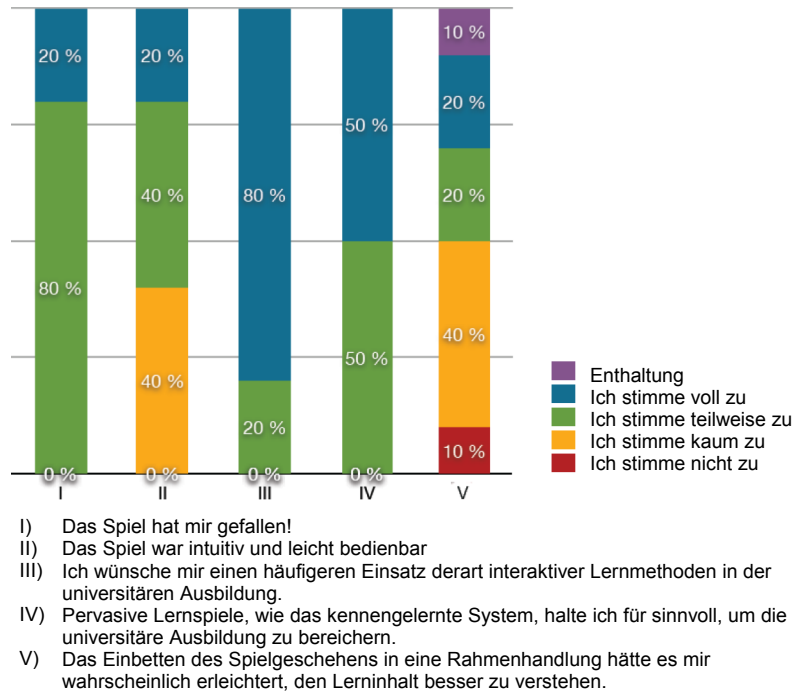


Abbildung 6: Auszug aus der Evaluierung unter Informatikstudierenden

mit den Mitspielern. Um diese zu fördern, werden Spielergesten eingebunden, die über die Bewegungssensorik der genutzten Geräte erfasst werden können [PZL11]. Beispielsweise kann die Datenübertragung auf Wurfbewegungen der sendenden Knoten in Richtung der Empfänger abgebildet werden. Zudem ist die Einbindung weiterer Routing-Protokolle neben AODV sowie die Entwicklung und Implementierung zusätzlicher Spiellevel derzeit in Arbeit.

Literatur

- [BRF⁺04] S. Benford, D. Rowland, M. Flintham, R. Hull, J. Reid, J. Morrison, K. Facer und B. Clayton. Savannah: Designing a location-based game simulating lion behaviour. In *Proceedings of Conference on Advances in Computer Entertainment*. ACM, 2004.
- [CT09] C. Chen und Y. Tsai. Interactive Location-Based Game for Supporting Effective English Learning. In *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT)*, Jgg. 3, Seiten 523–526, Juli 2009.
- [CWLY09] W. Chang, T. Wang, F. Lin und H. Yang. Game-Based Learning with Ubiquitous Technologies. *IEEE Internet Computing*, 13:26–33, July 2009.

- [JSW⁺] L. Johnson, R. Smith, H. Willis, A. Levine und K. Haywood. *The 2011 Horizon Report*. The New Media Consortium, Austin, TX, USA.
- [Luc11] U. Lucke. A Pervasive Game for Freshmen to Explore Their Campus: Requirements and Design Issues. In *Proceedings of the IADIS International Conference on Mobile Learning*, Seiten 151–158, Avila, Spanien, Marz 2011. IADIS.
- [MCMN05] C. Magerkurth, A. D. Cheok, R. L. Mandryk und T. Nilsen. Pervasive games: bringing computer entertainment back to the real world. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3:4–23, Juli 2005.
- [PBRD03] C. Perkins, E. Belding-Royer und S. Das. *Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561*. The Internet Society, Juli 2003.
- [PZL11] L. Pfeiffer, R. Zender und U. Lucke. Gestenerkennung auf mobilen Gern: Aktueller Stand und Potential fr das Lernen. In *Proc. DeLFI 2011 Poster, Workshops, Kurzbeitr*, Seiten 169–174, Dresden, September 2011. TU Dresden.
- [SPG09] D. Spikol, O. Pettersson und A. Gerestrand. Designing Pervasive Games to Support University Studies in Media Technology. In *Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Seiten 261–263. IEEE Computer Society, Juli 2009.
- [WWB10] A.I. Wang, Bian Wu und S.K. Bakken. 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)*, Seiten 1–8. IEEE Computer Society, Dezember 2010.