

Interoperable Adaptivität für Serious Games und Simulationen in der Bildauswertung

Alexander Streicher¹

Schlüsselwörter: Simulationen, E-Learning, Serious Games, Interoperabilität, Mensch-Maschine-Systeme

Zusammenfassung

Für eine nutzerzentrierte Wissensvermittlung müssen Computersimulationen und digitale Lernspiele den Erfahrungs- und Wissensstand der Nutzer berücksichtigen sowie deren intrinsische Motivation zur Interaktion für die Wissensvermittlung ausnutzen. Dieser Beitrag beschreibt das Konzept für eine externe, adaptive Tutoring-Komponente für adaptive Lernspiele und Simulationen unter Berücksichtigung der Interoperabilität zwischen verschiedenen Spiele-Engines. Ziel der Adaptivität ist es, die Nutzer im sogenannten Flow-Kanal zu halten, ausbalanciert zwischen individuellen Herausforderungen und Fähigkeiten. Die spezifische Ausprägung der Konzepte sowie das Anwendungsfeld ist die Bildauswertung.

Einleitung

Computersimulationen und digitale Lernspiele (Serious Games) für Ausbildung und Training sind in den letzten Jahren verstärkt in den Ausbildungsprogrammen von Institutionen und Firmen anzutreffen (Cruz-Cunha, 2012). Während das Lernen früher mit Tafel und Papier stattfand, gibt es heute beeindruckend realistische Computersimulationen, die das Wissen für die junge, computerspiellaffine Generation auf selbstmotivierende Art und Weise vermitteln (Cruz-Cunha, 2012). Mit Hilfe von Serious Games soll die Wissensvermittlung effektiver werden, indem die natürliche Motivation zu spielen und zu interagieren für das Lernen ausgenutzt wird (Schiefele & Schreyer, 1994). Computersimulationen und Serious Games können die Nutzer auch über längere Zeit beschäftigt und motiviert halten (Prensky, 2005). Indem die Computerspiele an die Bedürfnisse und den Interaktionsfortschritt bzw. Lernfortschritt der Nutzer angepasst werden, bleiben die Nutzer in der virtuellen Welt eingetaucht – sie sind also im sogenannten Flow-Kanal in der Balance zwischen der individuellen Herausforderung und Fähigkeit (Chen, 2008; Csikszentmihalyi, Abuhamdeh, & Nakamura, 2014). Serious Games stellen dabei einer Sonderform von Simulationen dar. Während bei Simulationen realitätsgetreue Prozesse und Abbildungen im Vordergrund stehen, sind es bei Serious Games die Story und didaktischen Elemente (Gredler, 2004).

Adaptivität bedeutet im Rahmen dieses Beitrags die Anpassung der Computersimulationen und Serious Games an den Lernfortschritt und an die Lernbedürfnisse. D.h. die Interaktionsmechanismen, Inhalte oder Vorschläge werden durch eine intelligente Tutoring-Komponente personalisiert – analog zu den Mechanismen bei Intelligenten Tutorssystemen (ITS) (Woolf, 2009). Wie bei ITS werden hierzu Techniken des maschinellen Lernens eingesetzt, um einerseits die Parameter und andererseits die zugehörigen Parameterwerte zu finden (Woolf, 2009).

Das Anwendungsgebiet ist die Bildauswertung, also die bildbasierte Analyse und Identifizierung von Strukturen und Objekten in Bildern durch Experten (Bildauswerter), bezogen auf eine konkrete Aufgabe. Die Bilddaten können dabei von unterschiedlichen Sensoren und Sensorträgern stammen, z.B. Sensoren für elektro-optische Bilder, Infrarot, Radar oder hyper-

¹ Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Karlsruhe, Abteilung Interoperabilität & Assistenzsysteme, alexander.streicher@iosb.fraunhofer.de

spektrale Abtastungen. Die Radarbildauswertung stellt besondere Herausforderungen an Ausbildung und Training. Der Typus Synthetic Aperture Radar (SAR) wird u.a. bei Katastrophenszenarien wie Erdbeben eingesetzt, um die Hilfskräfte bei u.a. Suche und Bergung zu unterstützen. Als aktiver Sensor ist SAR auch nachts einsetzbar, und es ist relativ unbeeinflusst durch atmosphärische Störungen, wie z.B. Wolken oder Regen. Die Komplexität bei der Radarbildauswertung entsteht durch die spezifischen Effekte dieses Sensortyps, die sich nicht ohne weiteres in normalen optischen Bildern wiederfinden lassen. Diese Effekte machen eine sorgfältige Ausbildung und kontinuierliches Training notwendig (Roller, Berger, & Szentes, 2013), wofür sich auch Computersimulationen und digitale Lernspiele anbieten (Abb. 1).

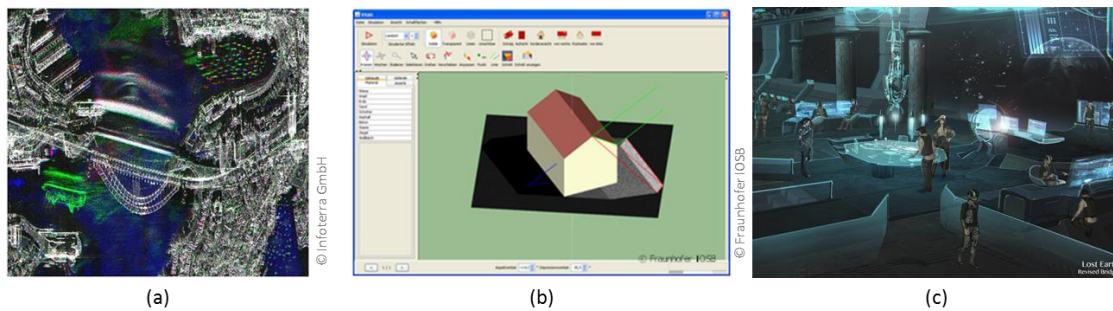


Abb.1: Radarbildauswertung; (a) Radarbild (© Infoterra GmbH); (b) ViSAR Radarstrahlensimulator (Fraunhofer IOSB); (c) Serious Game für die Bildauswertung "Lost Earth 2307" (Fraunhofer IOSB)

Die Problemstellung ist, dass sich die Computersimulationen und Serious Games für die Bildauswertung nicht an den Lernfortschritt der Nutzer anpassen; es werden keine Lernfortschrittsinformationen zwischen den Systemen ausgetauscht. Als Lösungsansatz wird in diesem Beitrag ein Konzept für interoperables, adaptives E-Learning vorgestellt. Diese Tutoringkomponente mit personalisiert angeschlossene Computersimulationen und Serious Games in Hinblick auf den Lernfortschritt, mit dem Ziel die didaktische Immersion (Bopp, 2005) aufrecht zu halten bzw. zu steigern. Grundlage für die didaktische Immersion stellt dabei der Flow-Kanal dar.

Verwandte Arbeiten

Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der interoperablen Adaptivität für Computersimulationen und digitale Lernspiele. Serious Games im Allgemeinen und adaptive Serious Games im Speziellen sind Gegenstand aktiver Forschungsarbeiten (Lopes & Bidarra, 2011; Van Eck, 2007). Es wurde gezeigt, dass durch adaptive Serious Games eine effektive Lernsteigerung erreicht werden kann (Conati & Manske, 2009; Sampayo-Vargas, Cope, He, & Byrne, 2013). Für eine ausführliche Darstellung der Literatur zu adaptiven Lernspielen siehe (Peirce, Conlan, & Wade, 2008). Peirce et al. präsentieren zudem die ALIGN Architektur. Diese erlaubt es auf minimalinvasive Art und Weise Serious Games adaptiv zu gestalten und eine personalisierte Lernerfahrung zu erreichen. Eine weitere, zu diesem Beitrag ähnliche Architektur ist das Agenten-Framework TARGET für modulare Serious Games (Jepp, Fradinho, & Pereira, 2010). TARGET stattet Serious Games mit glaubhaften Pädagogischen Agenten aus mit deren Hilfe die Nutzer neue Fähigkeiten erlernen können. Die Middleware CIGA überträgt dieses Konzept auf Multi-Agentensysteme und zeigt, wie diese an Game Engines angeschlossen werden können (van Oijen, Vanhée, & Dignum, 2012). Eine weitere Architektur für Tests, Training und Simulation ist TENA (Noseworthy, 2008), die speziell auf die Interoperabilität bei militärischen Trainingssystemen ausgerichtet ist.

Adaptiv Interoperabler Tutoring Agent

Das ELAI Framework (E-Learning A.I., ELAI) besteht im Wesentlichen aus spezifischen Adaptionen für Spiele-Engines, einer Kommunikationsschicht basierend auf der High Level Architecture (HLA), xAPI Nutzdaten orientiert an der IEEE LOM, sowie einem externen intelligenten Tutoring-Agenten, der die übermittelten Nutzungsdaten interpretiert und die Simulations- bzw. Spielmechanik anpasst.

Als Reaktionsmodell für die Anpassung wird der Indikator zum „spielerischen Fluss“ (engl. Flow) genutzt. Serious Games sollen die Lerner motiviert halten und letztendlich den Lernerfolg erhöhen. Eines der bekanntesten psychologischen Modelle, um den motivationalen Nutzerzustand zu beschreiben, ist der Flow (Chen, 2008; Csikszentmihalyi et al., 2014). Ein Zustand hoher Motivation mit hoher Immersion ist der sogenannte Flow-Kanal bei dem das aktuelle Fähigkeiten- und Herausforderungslevel balanciert sind. Das grundsätzliche Prinzip der ELAI ist es, den Nutzer in diesem Flow-Kanal zu halten – analog zur Vorgehensweise bei Unterhaltungsspielen. Eine typische Stellschraube ist die dynamische Anpassung des Schwierigkeitsgrads (Van Eck, 2007). Im Anwendungsfall der Bildauswertung können dazu die auszuwertenden Bilder mit Hilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen mit sensortypischen Effekten verändert werden, z.B. künstliche partielle Unschärfe oder Kompressionsartefakte. Eine andere Stellschraube ist die Veränderung der Abfolge, indem die im System hinterlegten technischen Drehbücher (Storyboards) dynamisch verändert werden. Die Storyboards müssen dazu semantisch beschrieben sein, etwa als RDF-Graphen (Fujima, Jantke, & Arnold, 2013), und es müssen Metadaten zu den Inhalten hinterlegt werden. Für LMS existieren hierzu verschiedene Metadatenformate, etwa die Ontologien der Web-Didaktik (Meder, 2006). Das Prinzip der Web-Didaktik die Inhalte zu dekontextualisieren, also in voneinander unabhängige Einheiten zu partitionieren, spiegelt sich bei den RDF Storyboards in Episoden und Szenen wider. Trotz dekontextualisierter Lerninhalte in eigenständige Lernobjekte kann eine Umordnung typischerweise nicht vollkommen frei erfolgen, sondern muss sequentiellen Einschränkungen entlang von Lernpfaden genügen (Swertz et al., 2013). Pfade mit mehreren gleichwertigen Ausgängen können vom adaptiven System dynamisch umgeordnet werden. Dazu sammelt das System Informationen über die Nutzerinteraktionen und berechnet daraus skalare Werte – die Didaktische Faktoren (DF) (Henning et al., 2014). Die DF stellen die Grundlage für eine nutzwertbasierte Entscheidung mit Hilfe der Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) dar. Virtuelle Agenten liefern dazu passende Hilfestellungen in Form von Fragen und Hinweisen. Zudem muss mit den Virtuellen Agenten die Story plausibel weitergeführt werden, da bei Serious Games die spielerischen Aspekte vor den Lerninhalten gesetzt sind – ein Lernspiel ist zuerst ein Spiel und als zweites ein Lernwerkzeug (Peirce et al., 2008; Van Eck, 2007).

Die semantische Beschreibung von Lernpfaden ist der Schlüssel für die semantische Interoperabilität, um etwa einzelne Knoten oder auch ganze Subgraphen dynamisch austauschen zu können. Indem die eigenen semantischen Modelle für eine Domäne mit Hilfe von Linked Open Data (LOD) durch zusätzliche Informationen angereichert werden, können durch diesen erweiterten Suchraum andere adäquate Inhalte in anderen RDF Graphen (Storyboards) gefunden und eingefügt werden. Zum Beispiel, in einem einfachen Spieldialog mit Multiple-Choice Fragen, der mittels RDF Storyboards beschrieben ist, lassen sich leichtere oder schwierigere Distraktoren dynamisch hinzufügen bzw. entfernen. Natürlich muss für jeden veränderten Knoten ein passender Inhalt existieren. Während die Storyboards nur die Spielmechanik auf einer abstrakten Ebene beschreiben, bleiben die eigentlichen Inhalte davon offensichtlich unberührt. Eine Veränderung der Inhalte, z.B. mittels prozeduraler Erzeugung, ist als eigenes Thema zu sehen und nicht Gegenstand dieses Beitrags.

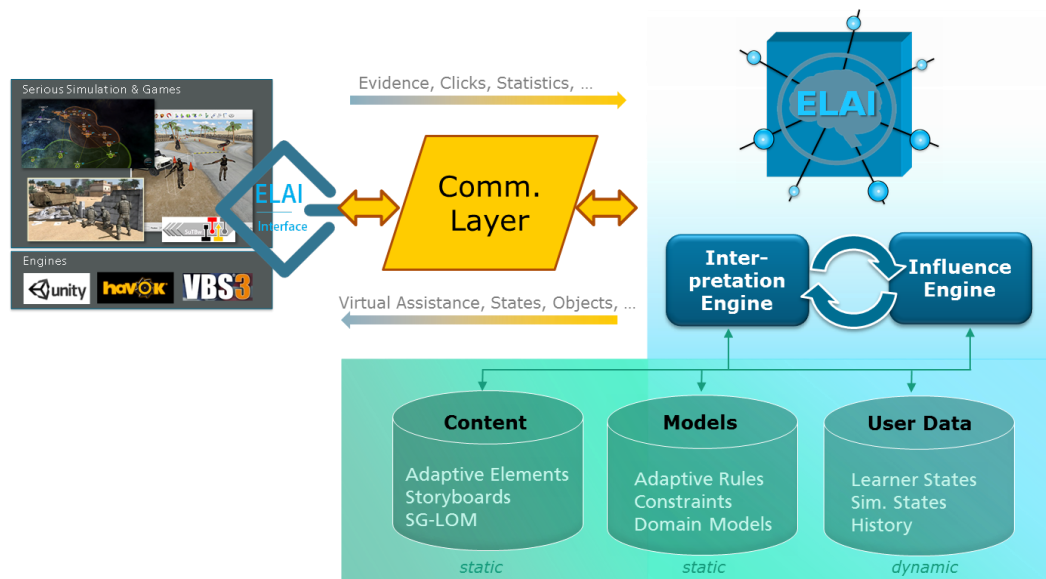


Abb.2: ELAI Architektur.

Die ELAI Architektur (Abb. 2) entkoppelt die Spiele-Engines von der externen ELAI-Tutoring Komponente. Jede Engine, die eine HLA konforme Schnittstelle implementiert, kann daran angeschlossen werden. Für den Proof-of-Concept und die Anwendung in der Bildauswertung liegt der Fokus bei diesen Arbeiten auf den Engines Unity 3D, HAVOK und VBS3. Das HLA Objektmodell enthält neben den Feldern für abonnierte Spielobjekte auch Felder für den Datenaustausch mit der ELAI. Informationen über die Nutzerinteraktionen werden über Activity Streams ausgetauscht, um eine größtmögliche Flexibilität zu erhalten. Für die Rückrichtung sind Felder für den Virtuellen Agenten und die Änderungen an der Spielmechanik vorgesehen. Während der Virtuelle Agent als 2D Grafik oder 3D Objekt vollautomatisch in existierende Inhalte eingefügt werden kann, werden für dynamische Anpassungen der Spielmechanik tiefergehende Änderungen notwendig.

Zusammenfassung & Ausblick

Computersimulationen und digitale Lernspiele müssen sich an den Erfahrungs- und Wissensstand der Nutzer anpassen und deren intrinsische Motivation zum Spielen bzw. zur Interaktion für die Wissensvermittlung ausnutzen. Dieser Beitrag beschreibt das Konzept der E-Learning A.I. (ELAI) für adaptive Lernspiele und Simulationen. Das Primärziel ist, den Lernerfolg zu erhöhen, indem die Nutzer während der Interaktion mit Lernspielen und Simulationen motiviert bleiben, d.h. sie sollen in die virtuelle Welt eingetaucht sein und dem Flow-Kanal folgen. Das ELAI Framework besteht im Wesentlichen aus spezifischen Adaptern für Spiele-Engines, einer Kommunikationsschicht basierend auf der High Level Architecture (HLA), xAPI Nutzdaten orientiert an der IEEE LOM, sowie einem externen intelligenten Tutoring Agenten, der die übermittelten Nutzungsdaten interpretiert und die Simulations- bzw. Spielmechanik anpasst. Die spezifische Ausprägung der Konzepte sowie das Anwendungsfeld ist die Bildauswertung.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts für adaptive Wissensvermittlung für die Bildauswertung konzentrieren sich zukünftige Arbeiten auf eine Detaillierung der vorgestellten Konzepte sowie auf eine prototypische Umsetzung. Weitergehende Arbeiten beschäftigen sich zudem mit der Fragestellung, wie sich die Konzepte weiter generalisieren lassen, um sie etwa auf andere Domänen oder Genres übertragen zu können.

Literatur

- Bopp, M. (2005). Immersive Didaktik: Verdeckte Lernhilfen und Framingprozesse in Computerspielen. *Kommunikation@gesellschaft*, 6, Art. 2.
- Chen, J. (2008). *Flow in Games*. Retrieved from <http://www.jenovachen.com/flowingames/introduction.htm>
- Conati, C., & Manske, M. (2009). Evaluating adaptive feedback in an educational computer game. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 5773 LNAI, pp. 146–158). doi:10.1007/978-3-642-04380-2_18
- Cruz-Cunha, M. M. (2012). Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools (2 Volumes). Hershey, PA, USA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-4666-0149-9
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2014). *Flow and the Foundations of Positive Psychology*. Springer. doi:10.1007/978-94-017-9088-8
- Fujima, J., Jantke, K. P., & Arnold, S. (2013). Digital game playing as storyboard interpretation. *2013 IEEE International Games Innovation Conference (IGIC)*, 64–71. doi:10.1109/IGIC.2013.6659163
- Gredler, M. E. (2004). Games and Simulations and Their Relationships to Learning. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology (2nd ed.)* (pp. 571–581). doi:10.1080/08935690701571045
- Henning, P. A., Heberle, F., Streicher, A., Zielinski, A., Swertz, C., Bock, J., & Zander, S. (2014). Personalized Web Learning: Merging Open Educational Resources into Adaptive Courses for Higher Education. *PALE*. Retrieved from http://ceur-ws.org/Vol-1181/pale2014_proceedings.pdf#page=57
- Jepp, P., Fradinho, M., & Pereira, J. M. (2010). An agent framework for a modular serious game. In *2nd International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2010* (pp. 19–26). doi:10.1109/VS-GAMES.2010.25
- Lopes, R., & Bidarra, R. (2011). Adaptivity Challenges in Games and Simulations: A survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(2), 85–99. doi:10.1109/TCIAIG.2011.2152841
- Meder, N. (2006). *Web-Didaktik: eine neue Didaktik webbasierten, vernetzten Lernens*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Noseworthy, J. R. (2008). The Test and Training Enabling Architecture (TENA) Supporting the Decentralized Development of Distributed Applications and LVC Simulations. In *Distributed Simulation and Real-Time Applications, 2008. DS-RT 2008. 12th IEEE/ACM International Symposium on* (pp. 259–268). doi:10.1109/DS-RT.2008.35
- Peirce, N., Conlan, O., & Wade, V. (2008). Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences. In *2008 Second IEEE International*

Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (pp. 28–35). IEEE. doi:10.1109/DIGITEL.2008.30

Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital-based games. In *Handbook of Computer Game Studies* (pp. 97–124). Retrieved from http://admin.futurelab.org.uk/resources/documents/discussion_papers/Computer_Games_and_Learning_discpaper.pdf

Roller, W., Berger, A., & Szentes, D. (2013). Technology based training for radar image interpreters. In *2013 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)* (pp. 1173–1177). IEEE. doi:10.1109/RAST.2013.6581181

Sampayo-Vargas, S., Cope, C., He, Z., & Byrne, G. (2013). The effectiveness of adaptive difficult adjustment in an educational computer game. *Computers & Education, In Press*. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.004

Schiefele, U., & Schreyer, I. (1994). Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 8(1), 1–13.

Swertz, C., Schmölz, A., Forstner, A., Dambier, N., Heberle, F., Henning, P., ... Zander, S. (2013). Lernpfadmodellierung mit der Webdidaktik für die adaptive Erweiterung von Lernmanagementsystemen. doi:10.13140/2.1.1532.6244

Van Eck, R. (2007). Building Artificially Intelligent Learning Games. In D. Gibson, C. Aldrich, & M. Prensky (Eds.), *Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks* (pp. 271–307). Hershey, PA, USA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-59904-304-3.ch014

Van Oijen, J., Vanhée, L., & Dignum, F. (2012). CIGA: A Middleware for Intelligent Agents in Virtual Environments. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Agents for Educational Games and Simulations* (pp. 22–37). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-642-32326-3_2

Woolf, B. P. (2009). *Building Intelligent Interactive Tutors*. Morgan Kaufmann.