

Thomas Winkler und Michael Herczeg

Gestalten von sinnesübergreifenden Mixed-Reality-Lernräumen im Schulunterricht

Design of Multi-Sensory Mixed-Reality Learning Environments in School Education

Digitale Medien in der Schule_Ästhetik und Informatik_Mixed-Reality_Co-Konstruktion von Wissen_Lernräume

Zusammenfassung. Der Beitrag diskutiert die kombinierte und fachübergreifende ästhetische und informatische Bildung im Schulunterricht. Es wird erläutert, wie durch die Kombination von kostenlosen oder kostengünstigen Hard- und Software-Lösungen Mixed-Reality-Lernumgebungen geschaffen werden können. Durch das Zusammenführen von sinnlicher Wahrnehmungen und der Co-Konstruktion von Wissen entsteht eine wirkungsvolle Form von erlebnisbasiertem Lernen.

Summary. This contribution discusses combined and interdisciplinary aesthetic and computer science school education. It will be presented how mixed-reality learning environments can be created with free or low cost hard- and software solutions. Bringing together sensual perception and co-construction of knowledge these environments create an effective form of experience-based learning.

1. Einleitung

Obwohl sich immer mehr Entwickler digitaler Lernmedien auf konstruktivistische Ansätze berufen, scheint einer der wesentlichsten Momente konstruktivistisch orientierter Pädagogik außer Acht gelassen, nämlich die Bedeutung der *Vielfalt sinnlicher Wahrnehmungen und kooperativen Handelns im physischen Raum* für wirkungsvolle und realitätsbezogene Lernprozesse.

Erlebnisbasiertes, kollaboratives Lernen mit allen Sinnen war die Zielsetzung im Projekt *ArtDeCom*¹, das die Autoren zusammen mit Kooperationspartnern von

Schulen und Hochschulen über drei Jahre durchgeführt haben.

Einer von sieben im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Unterrichtsversuchen dient im Folgenden als Beispiel. Die anderen Schulversuche finden sich ausführlich beschrieben auf der Projektwebsite (siehe Fußnote).

In einer 8. Klasse einer integrierten Gesamtschule schufen die Schülerinnen und Schüler gemeinsam begehbare digital-physische (hybride) 3D-Räume. In diesen Räumen befanden sich sowohl selbst erstellte „real-physische“ als auch in diesen Raum projizierte „digital-virtuelle“ 3D-Objekte. Diese Objekte wurden eingebettet in ebenso von den Schülerinnen und Schülern selbst konzipierte und geschaffene 3D-Internet-Räume.

Obwohl die hybriden Räume äußerst komplex waren, wurde bewusst auf die kostengünstige technische Realisierbarkeit geachtet, um das Projekt nachhaltig in weitere Klassen und andere Schulen transferieren zu können. Zum überwiegenden

Teil wurde mittels Freeware und, falls dies nicht möglich war, mit kostengünstiger, handelsüblicher Software und Hardware gearbeitet.

Die Auseinandersetzung mit der Schnittstelle zwischen „physikalischer Realität“ und „digitaler Virtualität“ wurde in besonderer Weise thematisiert. Da die Verknüpfung von physischer und digitaler Welt in allen Bereichen menschlichen Handelns eine zunehmende Rolle spielt, ist die pädagogische Ausrichtung auf das Verstehen und Erreichen von Handlungskompetenz sowohl im Ästhetischen (Gestalten) wie auch im Informatischen (Programmieren) wichtig. Die Einführung digitaler Medien in die Schule darf sich nicht in einem bloßen Aufsetzen digitaler Technologie in die jeweilige Fachwelt oder gar in einem isolierten Informatikunterricht erschöpfen. Aus grundlegenden didaktischen Erfordernissen darf es nicht zum inzwischen weit verbreiteten Prinzip werden, dass die Lernenden lediglich vorgegebene

¹ ArtDeCom (Theorie und Praxis ästhetischer und informatischer Aus- und Fortbildung) ist ein von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) im Rahmen des Programms „Kulturelle Bildung im Medienzeitalter“ (KuBiM) gefördertes Projekt; <http://artdecom.mesh.de>

Aufgaben nach vorgegebenen Lernmustern abarbeiten oder einfach fertige Anwendungssysteme benutzen lernen. Das Unterrichten, gestützt durch digitale Medien, sollte vielmehr als Co-Konstruktion intersubjektiver Wirklichkeit begriffen werden, das theoretische Modellbildung fächerübergreifend im Kontext sinnlich-anschaulich verankerter und praxisnaher Projekte reflektiert. Dabei entsteht ein grundlegendes Verständnis, dass die physische Realität genauso virtuell und subjektiv ist wie sich die digitale Virtualität individuell physikalisch abbilden kann. *Tangible-Media* (Ishii und Ullmer 1997) und *Mixed-Reality* lösen die ursprüngliche Trennung von Physischem und Digitalem auf und zeigen und motivieren die notwendige gegenseitige Verknüpf- und Abbildbarkeit. An dieser Stelle zeigt sich auch die Überholtheit der immer noch verbreiteten Wahrnehmung, dass sich physikalische Welt und digitale Modellierung an der „Schnittstelle“ Bildschirm, Tastatur und Maus trennen. Stattdessen werden Computersysteme zum Teil eines physischdigitalen interaktiven Lebens- und Handlungsraums (Mixed-Reality-Environments).

Beim Vermitteln bzw. Erlernen digitaler Medien darf anders als bei den typischen Virtual- und Mixed-Reality-Anwendungen, die ja gerade den Computer aus dem Blickfeld verschwinden lassen wollen, nicht versäumt werden, den Lernenden den Computer als programmierbare Maschine mit beliebigen problemgerechten Abstraktionsebenen nahe zu bringen. Die abstrakte Maschine als interaktives Medium, Rezeptor und Generator von Information, die auch gegenständlich werden kann.

2. Konstruktivistische Pädagogik und digitale Medien

2.1 Konstruktivismus und Sinnlichkeit

Bereits in der Reformpädagogik der 20er-Jahre (Piaget 1975) und der neuen Reformpädagogik nach 1968, insbesondere bei Beck und Wellershof (1989), kam es angesichts der Verkürzung auf rein kognitive Momente im alltäglichen Schulunterricht zu einer Rück- und Neubesinnung

auf die Vielzahl unserer Sinne beim Lernen. Unser im Projekt ArtDeCom umgesetztes Verständnis konstruktivistischer pädagogischer Theorien knüpft hier an.

Ein großes Problem ist jedoch die dürftige Konstruktivismus-Rezeption nicht nur allgemein in der Pädagogik und Erziehungswissenschaft, sondern insbesondere auch in pädagogischen Ansätzen, die sich der Verwendung digitaler Medien beim Lernen zuwenden. Konstruktivismus wird vorrangig auf erkenntnistheoretische Überlegungen reduziert. Dies zeigt sich u. a. darin, dass die Tastatur und die Maus die dominierenden Eingabeinstrumente für die Steuerung des Computers sind. Die Ergebnisse, die der Rechner auf Grund der Eingaben generiert, werden für gewöhnlich auf einem Bildschirm abgebildet, manchmal unterstützt von einfachen akustischen Signalen. Der Monitor und „seine Mattscheibe“ aber lassen uns die Welt als Gegenüber erfahren. Das, was wir „hinter der Mattscheibe“ sehen, ist sinnbildlich gesprochen gegenüber der Welt und nicht inmitten der Welt, wie wir selbst in unserer Körperlichkeit. Letztlich stammen die Eingabe- und Steuerungsinstrumente Tastatur und Bildschirm aus der Zeit der analogen Medien und einem cartesianisch dominierten Weltbild, von der Schreibmaschine mit ihren linearen Codes der Schreibschrift und dem Tafelbild, das auf eine Welt gegenüber der physischen Welt verweist. Durch die Einführung der Maus als Zeigeinstrument wurde der Linearität eine interaktive Flächigkeit hinzugefügt, die aber der Begrenzung der Bildschirmfläche nicht entfliehen kann.

Wichtig wäre stattdessen die Besinnung auf die Aisthesis: Sinne, Sinnlichkeit und Wahrnehmung und das tatsächliche Erleben als Handelnder inmitten der (physischen) Welt. Dass das Wahrnehmen ein aktiver handlungsgebundener Prozess ist, akzentuierte bereits der Phänomenologe Merleau-Ponty (1966), und die Konstruktivisten Maturana und Varela formulierten später in ihrem Hauptwerk (1990) „*Jedes Tun ist Erkennen und jedes Erkennen Tun.*“

2.2 Verbinden von ästhetischer Erfahrung mit abstrakter Modellbildung im pädagogischen Kontext

Der hier geschilderte pädagogische Ansatz steht in der Folge einer kritischen konstruktivistisch orientierten Pädagogik, wie sie jüngst in Deutschland von

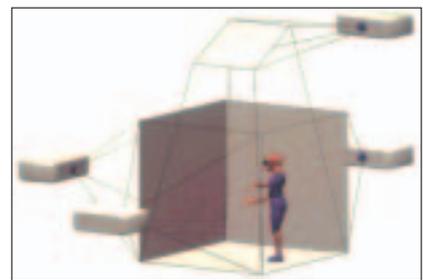


Bild 1: CAVE

Göhlich (1966) und Heinz Moser oder – noch spezifischer auch in Bezug zur Verwendung digitaler Medien beim Lernen – in den USA von Papert (1990) und Resnik (1999) vertreten wird. Gemeinsam ist ihnen die besondere Beachtung des ästhetischen (physisch Wahrnehmbaren) und des *kreativen* Handelns beim Prozess des Lernens insbesondere informatischer abstrakter Modellbildungen. Ihrem Ansatz folgend gehen auch wir davon aus, dass das Ausbilden von informatischer Handlungskompetenz besser mit einem aktiven *Handeln in realen Kontexten* einhergeht. So schufen im Projekt ArtDeCom Schülerinnen und Schüler digital erweiterte, real-physische 3D-Handlungsräume nach *gestalterisch-künstlerischen* Gesichtspunkten. In diesen hybriden Räumen standen ihnen eine Reihe unterschiedlicher Schnittstellen zum Computer zu Verfügung, die eine Vielzahl natürlicher Sinne adressierten.

Wir bezeichnen diese Räume auch als *Mixed-Reality-Lernräume*. Doch betrachten wir zunächst, welche Formen interaktiver digitaler 3D-Räume in den letzten Jahren im pädagogischen Kontext entstanden sind.

3. Erstellen digitaler, interaktiver dreidimensionaler Räume im pädagogischen Kontext

3.1 Die CAVE-Technologie im pädagogischen Kontext

Die inzwischen in Forschungs- und Anwendungskontexten verbreitete CAVE-Technologie (Dodsworth 1998) ermöglicht, interaktiv in digital generierten dreidimensionalen Welten einzutauchen (*Immersion*).



Bild 2: FX-Factory, Animax, Bonn 2002

Allerdings zeigen sich hierbei, pädagogisch gesehen, eine Reihe von Problemen:

- Die CAVE-Technologie ist technisch äußerst aufwändig und damit kostspielig. Neben den Entwicklungskosten für die Programmierung und den Kosten für die Rechner, Projektoren und Projektionsflächen der räumlichen Projektion muss der Benutzer meist auch noch technische Geräte an seinen Körper montieren, wie etwa eine schwerfällige Stereobrille oder Datenhandschuh, oder noch problematischer, ein Head-Mounted-Display (HMD), oft mit integriertem Kopfhörer.
- Einen ersten Schritt der Annäherung an eine Schnittstelle dieser Art, die den Benutzer weniger belastet und die letztendlich nicht nur eine Perspektive für eine Person, also stattdessen einen wirklich kooperativen interaktiven Zugang schafft, stellt der Versuch dar, mehrere Besucher lediglich eine besondere Kopfbedeckung tragen zu lassen, die Infrarotlicht reflektiert, das von einer Bilderkennungssoftware erkannt wird und so die Bewegung der Akteure registriert. Diese kann dann wiederum eine interaktive Projektion auf dem Fußboden des Raumes, in dem sie sich befinden, steuern, wie etwa im Animax in Bonn.
- Doch der eine wie der andere Weg, unmittelbar und interaktiv gemeinsam mit anderen mit einem digitalen System in Kontakt zu treten, weisen einen gravierenden Mangel auf – insbesondere aus der Sicht eines jeden verantwortungsvollen Pädagogen: Die Benutzer folgen lediglich einem vorgefertigten Programm. Nicht die Benutzer, sondern andere sind die Schöpfer der Applikation. Die dahinter liegende Technik und ihre Gestaltungsmöglichkeiten bleiben den Benutzern verborgen.

3.2 Digitale, pädagogisch wertvolle 3D-Erfahrungsräume, jenseits kostenträchtiger und fremd bleibender Technologie

An den eben genannten Kritikpunkten setzen wir an und möchten zeigen:

- dass die Verwendung digitaler Technologie zur Errichtung interaktiver hybrider Räume auch mit einem geringen organisatorischen und finanziellen Aufwand möglich ist, was allerdings nicht die Verwendung digitaler Spitzentechnologie ausschließen muss;
- dass die Verwendung von „natürlichen“ Schnittstellen möglich ist, die einer natürlichen Kommunikations- und Handlungssituation nahe kommt;



Bild 3: Erstellen eines digitalen 3D-Modells mit FotoModeler Lite

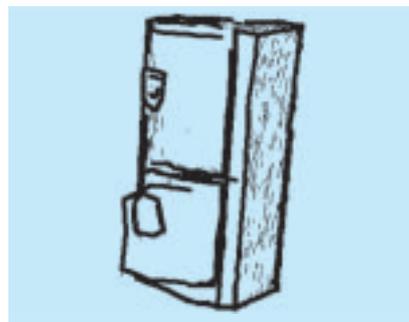


Bild 4: Mit Teddy digital gezeichnetes 3-dimensionales Objekt

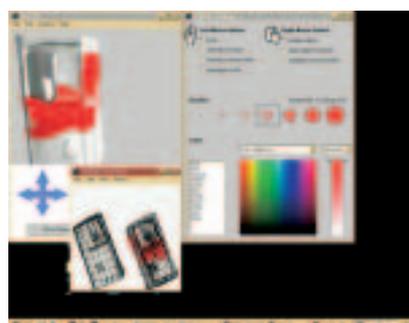


Bild 5: Bemalen eines dreidimensionalen Objekts mit Alice Paint

- dass den Benutzern das technische System in der Weise näher gebracht werden kann, dass sie es verstehen können und dass ihnen ein eigener *kreativer Gestaltungsraum* ermöglicht wird, in dem sie lernen, die Art der Interaktion mit dem System selbst zu programmieren.

4. Gemeinsames Lernen in hybriden Räumen

4.1 Freeware zur Erzeugung immersiver Environments

Inzwischen sind Applikationen, mit denen Schülerinnen und Schüler selbst immersive dreidimensionale Räume schaffen können, kostenlos zum Download im Internet verfügbar.

So können etwa mit der kostenlosen Lite-Version des PhotoModelers dreidimensionale Modelle realer Objekte und Szenen auf fotografischem Wege erzeugt werden.

Mit der Freeware „Teddy“ (Igarashi et al., 1999) können auf einfachste Weise dreidimensionale Objekte am Rechner gezeichnet werden. Die Software berechnet und visualisiert nahe liegende mögliche dreidimensionale polygone Objekte.

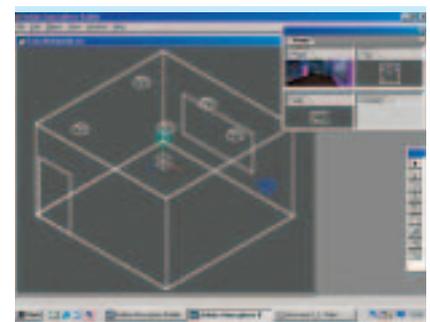


Bild 6: Erstellen eines dreidimensionalen Internet-Raums mit Atmosphäre



Bild 7: Konvertieren eines 3D-Modells mit dem Viewpoint Builder



Bild 8: Gestalten eines Avatars nach fotografischer Vorlage



Bild 11: Aufbau einer Rückprojektion im hybriden Raum



Bild 13: Schüler inmitten einer Projektion digitaler Modelle

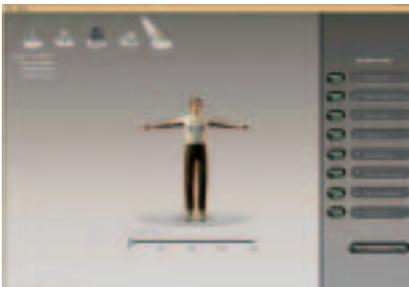


Bild 9: Zuweisen von Bewegungsgesten zur Kommunikation in AvatarLab



Bild 12: Angestoßen durch die Bilderkennungssoftware LEGO Vision Command®, die einen in ein reales Objekt (einer „Spinne“) eingebauten RCX-Mikrocomputer von LEGO steuert, setzt sich die „Spinne“ mittels eines LEGO-Mikromotors und mit leuchtenden „Augen“ im Environment, vor einer Projektion einer 3D-Welt, in Bewegung



Bild 14: Reale Objekte als Muster und Referenzpunkte der digitalen Modelle im Mixed-Reality-Lernraum

Mit der Freeware "Chameleon" (Igarashi et al., 2001) oder "Alice Paint" können Oberflächen von 3D-Modellen farbig bemalt werden.

Mit der Beta-Version von Adobe's Atmosphere Builder können schließlich immersive dreidimensionale Environments erstellt werden.

Atmosphere erlaubt den Import von 3D-Viewpoint-Objekten. Mit der Freeware Viewpoint Builder können mit Teddy oder PhotoModeler erzeugte 3D-Objekte in das Viewpoint-Format konvertiert und evtl. auch weiter bearbeitet werden.

Diese oder weitere Objekte, die mit AvatarLab oder direkt mit Atmosphere er-

zeugt wurden, können inklusive Bewegung und Stereosound mittels JAVA-Script in die selbst erstellten 3D-Internet-Welten integriert werden.

In Form von Avataren, die die Schüler mit AvatarLab nach fotografischen Vorlagen oder frei nach ihrer Phantasie erstellt haben, können die Schüler gemeinsam von jedem Internet-Zugang die kooperativ erstellten digitalen Räume betreten.

4.2 Selbst gestaltete hybride Räume in der Schule

Bereits für sich alleine genommen stellt die Arbeit mit den hier vorgestellten digitalen Werkzeugen und der Kombination der Werkzeuge miteinander eine neue Herausforderung dar. Doch es ist nicht nur die Verschränkung der einzelnen Programme, auf die unsere Arbeit abzielt. Zum einen ist es der wichtige Bezug zu realen Objekten im *Produktionsprozess* und schließlich die *Rückführung* der Projektion des interaktiven *Internet-Raums in den realen physischen Raum*. Dieser Rückbezug des Digitalen in die Physikalität po-

tenziert die sonst singulären Möglichkeiten der jeweiligen digitalen Werkzeuge und kreiert so einen über das Immersive hinausreichenden hybriden Raum von hohem pädagogischen Wert.

Vor allem ist es aber das Konstruieren von hybriden Erlebnisräumen durch die Schüler selbst, mittels der oben aufgeführten Freeware, das den Kernpunkt unseres Unterfangens bildet.

Mit der Verwendung der Bilderkennungssoftware von LEGO-MindStorms® wird zusätzlich die Schnittstelle zwischen Physikalität und Digitalität bei der Interaktion *zwischen Schülern und Computer* im realen Raum thematisiert:



Bild 10: In AvatarLab importierte Viewpoint-Objekte (ein mit Teddy erstellter Kühlschrank und mit AvatarLab erstellter Avatar)



Bild 15: Besucher des von Schülerinnen und Schülern der IGS-Schlutup erstellten interaktiven hybriden Environments „Real-irreal-ganz egal?“

- die *Projektion* einer mittels Atmosphäre geschaffenen Welt (u.a. inklusive mittels *Photo Modeler Lite* digitalisierter realer 3D-Objekte und mittels Teddy digital gezeichneter 3D-Objekte) thematisiert die *Unterschiedlichkeit* und das Verhältnis von der *digitalen* zur *physischen* Welt;
- *verbale* und *gestische Kommunikation* mittels Avataren (realisiert mit JAVA-Script) thematisiert neue digitale Wege der Kommunikation via Internet;
- dadurch, dass die 3D-Internetwelt und die Möglichkeit zur Kommunikation wieder als Projektion *inmitten des realen Raums* mit den realen Objekten der digitalen Modelle erscheint, thematisiert sie die Möglichkeit der *Erweiterung von Realität* mittels Digitalität in der physischen Welt.

Die Rückbesinnung auf die Sinnlichkeit und die vielfältigen Wahrnehmungsmodalitäten hat insbesondere für das digital-medial gestützte Lernen weit reichende Folgen. Die erfolgreichen Unterrichtsversuche im Modellprojekt ArtDeCom zeigten deutlich, dass ein Lernen mittels digitaler Medien, und einer gleichzeitigen Fokussierung auf die Multisensualität und der natürlichen Körperlichkeit naher Schnittstellen für Schüler nicht nur faszinierend ist, sondern auch das Verständnis des Potenzials digitaler Systeme und ihrer Bedeutung für die reale Welt erleichtert. Durch die Programmierung von Computerprogrammen zur Sensorerfassung, Aktuator- sowie Soundsteuerung und das damit verbundene multisensuelle Erleben der programmierten Verhaltensweisen des Systems kommt es zu einem tiefen Verständnis der abstrakten algorithmischen Prinzipien und Modellierungen.

Die Besinnung auf natürliche Wahrnehmungssituationen als Basis eines erfahrungsbasierten Erlernens interaktiver digitaler Medien (Experience-Based Learning) koppelt diese Medien an natürliche Kommunikations- und Kooperationsformen und zeigt ihre Relevanz unmittelbar. Dies ermöglicht die handlungsbasierte Co-Konstruktion von Wissen, von der die konstruktivistisch geprägten pädagogischen Theorien sprechen.

Angebunden an Projekte, nahe an der Lebenswelt der Schüler, können neben der Co-Konstruktion von Wissen pädagogische Ziele wie Selbstständigkeit, Teamfähigkeit, Sensibilität und Ausdrucksfähig-

keit mit dem Erlernen notwendiger Kulturtechniken und Wissensaneignung einhergehen.

Die ausschließliche Verwendung von Freeware und kostengünstigen Applikationen und Hardware kommt nicht nur den knappen Kassen eines unter Finanznot leidenden Schulsystems entgegen, es öffnet auch die Möglichkeit des kreativen, eigenständigen, das Medium zutiefst verstehenden Verwendens digitaler Technologie.

Danksagung: Das Projekt ArtDeCom (Projekt Nummer: A 6681ASH01) wurde von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) vom Bund und dem Land Schleswig-Holstein im Rahmen des Programms „Kulturelle Bildung im Medienzeitalter“ (Ku-BiM) von 2001 bis 2003 gefördert.

Die Autoren danken der Lehrerin Frau Anke Goldmann und dem Schulleiter Georg Schopenhauer, der Integrierten Gesamtschule Schlutup, Hansestadt Lübeck, für ihr Engagement bei der Durchführung des Unterrichtsversuchs „Real-irreal-ganz egal?“.

Außerdem danken wir unseren Projektkolleginnen Ingrid Höpel und Daniela Reimann für die gemeinsame Projektplanung und Projektdurchführung im Projekt ArtDeCom.

Literatur

- Dodsworth, C.: *Digital Illusion – Entertaining the Future with High Technology*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.
- Göhlich, M.: Konstruktivismus und Sinneswandel in der Pädagogik. In: *Aisthesis/Ästhetik – Zwischen Wahrnehmung und Bewusstsein*. Weinheim, 1996.
- Igarashi, T.; Matsuoka, S.; Tanaka, H.: Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In: *ACM SIGGRAPH 1999*. Los Angeles, 1999, 409-416.
- Igarashi, T.; Cosgrove, D.: Adaptive Unwrap-ping for Interactive Texture Painting. In: *ACM Symposium on Interactive 3D Graphics*, I3D 2001. Research Triangle Park, NC, 2001.
- Ishii, H.; Ullmer, B.: Tangible Bits: Towards Seamless interfaces between People, Bits and Atoms. In: *Proceedings of the ACM SIGCHI 1997*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997, 234-241.
- Kritzenberger, H.; Winkler, T.; Herczeg, M.: Collaborative and Constructive Learning of Elementary School Children in Experimental Learning Spaces along the Virtuality Continuum. In: *Mensch & Computer 2002 - Vom interaktiven Werkzeug zu kooperativen Arbeits- und Lernwelten*. (Hrsg. Herczeg, M.; Prinz, W. & Oberquelle, H.). Teubner-Verlag, Stuttgart, 2002, 115-124.

- Merleau-Ponty, M.: *Phänomenologie der Wahrnehmung*. Gruyter Berlin, 1966.
- Maturana, H.; Varela, F.: *Der Baum der Erkenntnis*. Goldmann Bonn, 1990.
- Papert, S.: *Mindstorms: Children, Computers, and powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1990.
- Piaget, J.: *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Klett-Cotta Stuttgart, 1975.
- Reimann, D.; Winkler, T.; Herczeg, M.; Höpel, I.: Exploring the Computer as a Shapeable Medium by Designing Artefacts for Mixed Reality Environments. In: *Proceedings of ED-MEDIA 2003*. AACE, Hawaii, 2003.
- Reimann, D.; Winkler, T.; Herczeg, M.; Höpel, I.: Gaining Computational Literacy by Creating Hybrid Aesthetic Learning Spaces. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT)* Athen, 2003.
- Resnik, M.; Berg, R.; Eisenberg, M.; Turkle, S.; Martin, F.: Beyond Black Boxes: Bringing transparency and aesthetics back to scientific investigation. *International Journal of the Learning Sciences* 1999.
- Winkler, T.; Herczeg, M.; Reimann, D.; Höpel, I.: Learning in our Increasing World by Connecting it to Bodily Experience, dealing with Identity and Systemic Thinking. In: *SITE 2004*. Atlanta, GA, USA, 2004.
- Winkler, T.; Reimann, D.; Herczeg, M.; Höpel, I.: Creating Digital Augmented Multisensual Learning Spaces - Transdisciplinary Education at School between Aesthetic Creating and Building Concepts in Computer Science. In: *Mensch & Computer 2003 - Interaktion in Bewegung*. (Hrsg. Ziegler, J.; Szwillus, G.). Teubner-Verlag, Stuttgart, 2003, 307-316.



1



2

1 Dr. Thomas Winkler, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme an der Universität zu Lübeck.

Die Hauptarbeitsgebiete sind Computer-unterstütztes Lehren und Lernen, Schul- und Erwachsenenpädagogik, Medien-, Design- und Kunsttheorie, neuere Kunst- und Kulturgeschichte sowie Ästhetik.
E-Mail: winkler@imis.uni-luebeck.de

2 Prof. Dr. Michael Herczeg, Universitätsprofessor für Praktische Informatik und Direktor des Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme an der Universität zu Lübeck.

Die Hauptarbeitsgebiete sind Mensch-Computer-Kommunikation, Software-Ergonomie, Interaktionsdesign, Interaktive und Multimediale Systeme, e-Learning sowie sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme.
E-Mail: herczeg@imis.uni-luebeck.de
WWW: <http://www.imis.uni-luebeck.de>