

Von der Bändigung des Lichts

Photonische Kristalle: Implikation für Gesellschaft und Technologie

„Optische Computer könnten die Geschwindigkeit von Datenverarbeitung und Datennetzen auf Trillionen Bits pro Sekunde erhöhen, das Internet auf mehr als das Zehnfache der heutigen Geschwindigkeit aufmotzen, tausendmal mehr Daten speichern als heute möglich und das alles mit Geräten und Systemen, die kleiner, billiger und verlässlicher sind als alles, was wir zur Zeit haben.“

(Donald Frazier, NASA / Marshall Space Flight Center)

1. Thema

Der scheinbar unstillbare Hunger der Informationsgesellschaft nach höherer Rechenleistung, schnellerer Datenübertragung und größerem Speicherplatz lässt die aktuelle Technologie an ihre physikalischen Grenzen stoßen. Die Forschung arbeitet mit Hochdruck an alternativen Lösungen, so zum Beispiel im Bereich der optischen Signalverarbeitung. Eine aussichtsreiche Alternative zum Elektron als Informationsträger begegnet uns im alltäglichen Leben – in Form von Photonen.

Licht dient bereits jetzt als Medium zur Übermittlung von Informationen. Elektrische Schaltungen müssen entscheiden, wohin diese Informationen geleitet werden sollen. Die Umrechnung von Licht zu Strom kostet jedoch viel Zeit und Energie. In den kommenden Jahren könnte dieser „elektronische Flaschenhals“ den Datenaustausch derart beschränken, dass die für die Zukunft benötigten Datenübertragungsraten nicht realisierbar sind. Ein möglicher Ausweg wäre die Entwicklung von optischen Computern, die gänzlich auf der Basis von Licht arbeiten. Bisher ist es aber noch nicht gelungen, derartige Maschinen zu konstruieren. Der Grund dafür ist einfach: Licht lässt sich nur schwer bändigen.

Die Aufgabe der Wissenschaft liegt nun darin, das Licht zum rechten Zeitpunkt an den richtigen Ort zu lenken und dessen technologischen Nutzen für die Gesellschaft noch weiter zu erschließen. Ein viel versprechender Lösungsansatz sind photonische Kristalle. Photonische Kristalle sind optische Halbleiter, die Licht manipulieren und lenken können. Die technischen Implikationen sind nahezu unbegrenzt, doch insbesondere ist es mit ihrer Hilfe möglich, deutlich kleinere, weniger stör anfällige und leistungsfähigere optische Leiterplatten zu realisieren. Auf ihrer Grundlage kann schon heute der Datenverkehr immens beschleunigt werden. Des Weiteren sind sie ein erster Schritt auf dem langen Weg zur Erfüllung der Vision des optischen Computers, der durch seine potenzielle Leistungsfähigkeit eine ernsthafte Alternative für die Datenverarbeitung der Zukunft bietet.

2. Ziel

Ziel der Installation ist es, vor allem bei jungen Menschen ein stärkeres Interesse für Wissenschaft und Technologie zu wecken. Ebenso sollen Erwachsene ermutigt werden, den Aufgaben der Zukunft offen entgegenzutreten und die Forschung sowohl ideell als auch wirtschaftlich zu unterstützen.

Die Installation soll die Unkontrollierbarkeit des Lichts zum Gegenstand machen und die Prinzipien der Bändigung mit Hilfe photonischer Kristalle einer breiten Öffentlichkeit vermitteln. Mögliche technologische Implikationen der dargestellten theoretischen Prinzipien sollen erläutert werden, wie zum Beispiel die Beschleunigung heutiger Systeme in der Datenübermittlung durch

Breitband-Datenaustausch oder die Entwicklung von parallel arbeitenden optischen Computern.

Die Installation soll den Besucher anregen, darüber nachzudenken, welche Möglichkeiten sich für ihn und die Gesellschaft durch eine konsequente Beschleunigung des Datenverkehrs oder die Entwicklung eines optischen Computers eröffnen. Er soll verstehen, wieso die Forschung im Bereich der photonischen Kristalle hier eine Schlüsselrolle trägt. Das Hauptaugenmerk der Installation liegt darauf, die komplexen Sachverhalte emotional erfassbar zu machen und den Zugang zur Thematik so einfach wie möglich zu gestalten.

3. Lehrinhalte

Der Lehrinhalt der Installation kann im Wesentlichen in zwei Teile gegliedert werden und richtet sich nach Bush¹ und John². Im ersten Teil wird die Notwendigkeit der Entwicklung photonischer Kristalle verdeutlicht. Dabei werden die folgenden Fragen beantwortet:

Warum ist Licht schwer zu bändigen? Wieso ist Licht soviel schneller? Was macht photonische Kristalle so besonders? Welche Rolle könnten photonische Kristalle in der Datenübermittlung und -verarbeitung spielen? Was bedeutet Breitband- und parallele Datenverarbeitung? Welche Vorteile hätte ein rein optischer Computer für den Benutzer? Wie weit ist die Forschung in diesem Bereich? Welche wissenschaftlichen Disziplinen sind in diese Entwicklung involviert?

Der zweite Teil wird das theoretische Prinzip der photonischen Kristalle erläutern: Wie funktionieren diese eigentlich? Im Zentrum der Erläuterungen steht der so genannte Wellenleiter, der „übereinander liegendes Licht“ lenken kann und eine optische Leiterplatte mit hohen Bandbreiten erst ermöglicht.

4. Umsetzung

4.1. Installation auf 15 Quadratmetern zum Thema „Photonische Kristalle“

Mit Hilfe einer Rückprojektionsleinwand und einer stereoskopischen Projektion wird ein Virtual Reality Environment (VE) aufgebaut. Anhand der Projektion wird die Simulation über Polarisationsfilterbrillen für den Besucher holografisch erfahrbar. Er kann dadurch Informationen wahrnehmen, die auf andere Weise nicht visualisierbar wären. Um die Projektion besser sichtbar zu machen und dem Besucher das Gefühl zu geben, in eine andere Welt einzutauchen, wird der Raum abgedunkelt. Durch die Beleuchtung von vier Informationsterminals und Teile der Wand entsteht eine futuristische Atmosphäre.

4.2 Informationsterminals

Die Terminals bestehen jeweils aus einem Monitor, einer Infrarotkamera, einem Infrarot LED, einem Kopfhörer und einer so genannten Wii-Mote als Maus. Die Wii-Mote ist ein Eingabegerät mit einer Infrarotkamera aus der Videospiegelindustrie. Das Kommunikationskonzept für die Informationsterminals basiert auf der bereits erwähnten Unterteilung der Lehrinhalte. Im Vordergrund steht hierbei die allgemein verständliche und spielerische Wissensvermittlung.

1 K. Busch and G. von Freymann and S. Linden and S. F. Mingaleev and L. Tkeshelashvili and M. Wegener, Periodic nanostructures for photonics, Physics Reports 444, 2007.
2 S. John and O. Toader and K. Busch, Photonic Band Gap Materials: A Semiconductor for Light, Encyclopedia of Physical Science and Technology 12, 2001

Die Inhalte des ersten Teils der Installation werden in Form einer audiovisuellen Geschichte am Bildschirm vermittelt. Technisch wird dies über Macromedia Flash realisiert, so dass Informationen interaktiv wie in einem Webbrowser zugänglich gemacht werden können.

Da die Vermittlung der Inhalte des zweiten Teils weitaus komplexer ist, kommen an dieser Stelle verstärkt interaktive Elemente zum Einsatz. Der Besucher kann ein immersives Virtual Reality Environment (VE) starten, um in die Welt der optischen Phänomene photonischer Kristalle einzutauchen und diese interaktiv zu erleben.

4.3. Technische Konzeption

Bei der Umsetzung liegt ein besonderes Augenmerk auf der Originalität des technischen Bedienungs- und Visualisierungskonzeptes. Für die Informationsterminals wird mit Hilfe einer Wii-Mote Fernbedienung ein „lowcost“-Headtracking entwickelt: Mit einer Infrarotkamera wird die Position und Lage des Kopfes im Raum gemessen. Ein auf dem Bildschirm abgebildetes Objekt wird perspektivisch korrekt dargestellt. Das Prinzip der „Motion Paralaxe“ sagt uns, dass Objekte die nahe am Betrachter sind, stärker durch die Veränderung der Position beeinflusst werden als weiter entfernt liegende Gegenstände. Dadurch wirken nahe Objekte plastisch – der Bildschirm wird sozusagen zu einem Fenster in einem virtuellen Raum (vergl. Lee³).

Das Projektionssystem bietet zusätzlich zu den Informationsterminals die Möglichkeit simulierte Daten holografisch wahrzunehmen und durch räumliche Eingaben zu steuern. Diese interaktive Einbindung macht die Simulation immersiv zugänglich.

4.4 Wissenstest

Am Ausgang des Raumes wird Material für einen Wissenstest ausgelegt, dessen Auswertung Aufschluss über die gelernten Inhalte liefern soll. Als Motivation für den Besucher werden Anstecker in Form photonischer Kristalle für jeden absolvierten Test ausgegeben.

5. Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Vertretern der Öffentlichkeitsarbeit:

Die Basis der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Öffentlichkeitsarbeit ist ein enger Austausch aller Beteiligten. Im ersten Schritt werden die Inhalte des wissenschaftlichen Themas der „photonischen Kristalle“ in Zusammenarbeit mit dem GRK 1294 und dem TFP der Universität Karlsruhe durchgeführt und in Kooperation mit der Lehramtsausbildung Physik zu einem didaktischen Konzept ausgearbeitet. Im zweiten Schritt wird von der Öffentlichkeitsarbeit und dem Virtual Reality Labor der Merz Akademie ein Kommunikationskonzept entwickelt, so dass diese Inhalte dem „Laien“ näher gebracht werden können. Ausgehend von diesem Resultat wird die Umsetzung in Kooperation mit der FHG-IAO für den Wissenschaftssommer in Leipzig formuliert. Die Öffentlichkeitsarbeit entwirft außerdem Konzepte für die Bekanntmachung des Projektes, sei es durch die Einbindung in Messestände, in Ausstellungen oder auch durch Nennung in der Presse.

Besondere Beachtung soll der Nachhaltigkeit dieses Projekts gegeben werden. Ein Wissenstest des Besuchers ermöglicht die Überprüfung der Inhalte unserer Arbeit. Auf der Grundlage der erzielten Ergebnisse kann so das didaktische Konzept evaluiert und auf zukünftige Anforderungen angepasst werden. Alle Partner haben zudem angekündigt, das Ergebnis dieses Projektes als Basis für weitere Projekte zu verwenden. Unter anderem sind Exponate an Universitäten und Konferenzen, aber auch komplette Forschungsprojekte im Bereich *Nutzung von immersiven interaktiven Medien für die Vermittlung von wissenschaftlichen Inhalten* angedacht.

3 Johnny Lee, Carnegie Mellon University, <http://www.youtube.com/watch?v=Jd3-eiid-Uw>, 9.02.2008

Initiatoren und Ansprechpartner sind Carsten Blank⁴ (GRK 1294 und IADM Stuttgart), Jörg Frohnmayer⁵ (Merz Akademie Stuttgart, VR Labor) und Philipp Leser⁶ (Diplomand Universität Tübingen). Zusätzlich besteht das Projektteam aus Prof. Dr. Kurt Busch und Dr. Lasha Tkeshelashvili (beide Universität Karlsruhe, TFP), Dr. Antje Bergmann (Universität Karlsruhe, Lehramtsausbildung Physik), Tina Barankay (Merz Akademie Stuttgart) sowie Roland Blach (FHG-IAO). Mit dieser Kooperation soll der Erfolg dieses Projektes sichergestellt werden und Nachfolgeprojekte ermöglicht werden.

6. Budgetplan

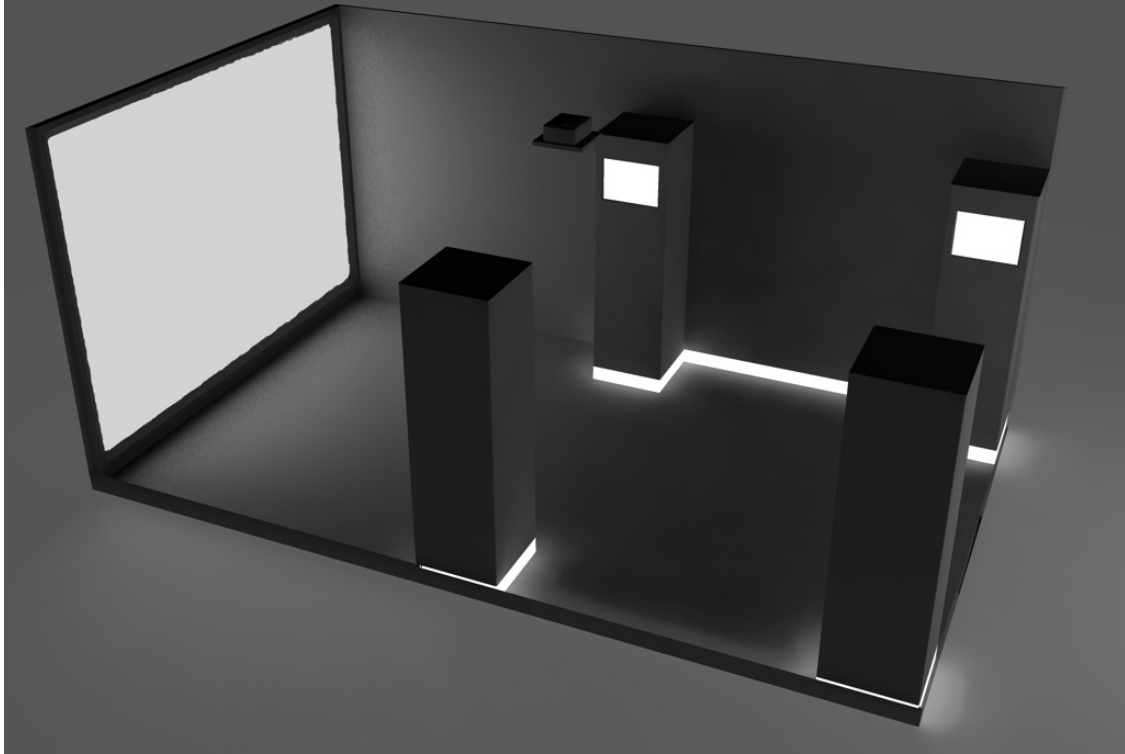
| | | | |
|--|--------------|---|---------------|
| Informationsterminals | 4900€ | | |
| 8x Wii-Remote & 1x Wii-Sensorbar | 400€ | 4x Sockel (Spezialanfertigung) à 400€ | 1600€ |
| Diverses technisches Zubehör (IR LEDs, Kopfhörer, Bluetooth, ...) | 200€ | 3x PC und Monitore (Ausleihe) 1x Test-PC und -Monitor (Kauf) | 300€ 1000€ |
| Interview Prof. Kurt Busch und Sajeev John | 300€ | Flash Programmierung | 600€ |
| Bilder, Fotografien | 400€ | Versicherungskosten | 100€ |
| Rechenzeit Großrechner (Bereitgestellt vom TFP, UniKA) | 0€ | | |
| Projektionsleinwand | | | |
| | 10€ | | |
| VR System (Ausleihe Fraunhofer IAO) | 10€ | Elektronikversicherung (Merz Akademie) | 0€ |
| Installation | | | |
| | 2300€ | | |
| Transportkosten Sprinter (Vollkaskoversicherung) | 500€ | 1000x Anstecker (1D,2D,3D Kristalle) für Wissenstest | 500€ |
| Sonstige Materialien (Wissenstest, Verdunkelung, Licht, ...) | 600€ | Übernachungskosten 7 Nächte für 4 Personen | 700€ |
| Sonstiges | | | |
| | 790€ | | |
| Sonstiges / Verbrauch | 790€ | | |
| Gesamt | | | 8000€ |

⁴ carsten.blank@mathematik.uni-karlsruhe.de

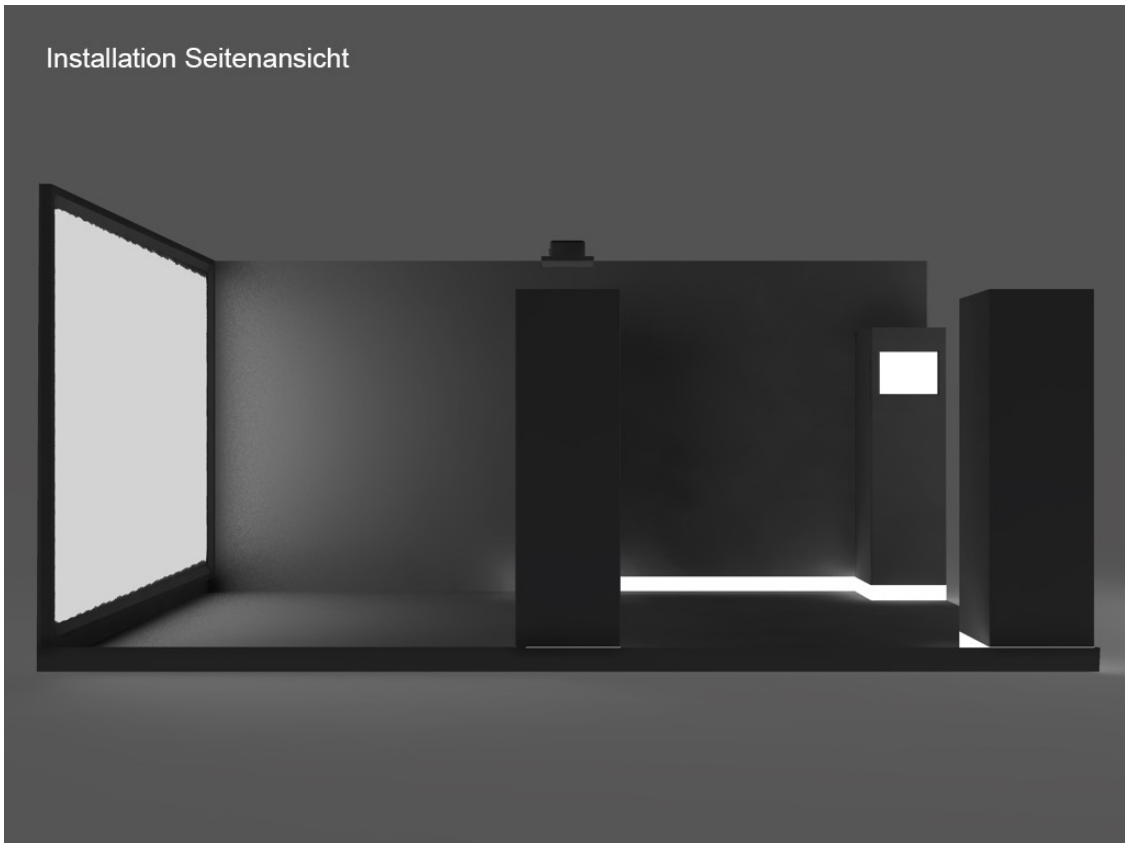
⁵ joerg.frohnmayer@merz-akademie.de

⁶ g.philipp.leser@t-online.de

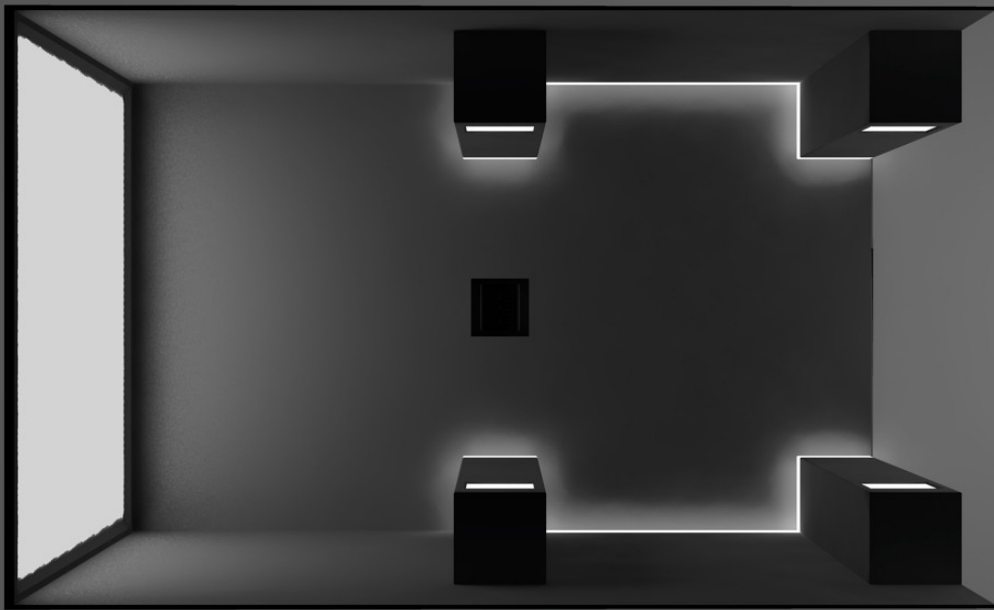
Installation Perspektive



Installation Seitenansicht



Installation Draufsicht



Informationsterminal

