

QuantumEscape:

Alice - Zwischen den Spiegeln

Wir bringen der Bevölkerung spielerisch den Einsatz und Grundlagenwissen von Quantentechnologien bei

Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben QuantumEscape - Kurzbericht

Freie Maker e.V.

Lukasstrasse 1, 52070 Aachen / freie-maker.de

Ansprechpartner: Jan Thar / Tel: 0176 65986501 / jan.thar@rwth-aachen.de

1. Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand

Immer mehr Quantentechnologien werden im Alltag eingesetzt. So sind Laser- und Halbleitertechnologien schon alltäglich. Heute werden Quantencomputer, sicherere Kommunikations- und genauere Messsysteme als Quantentechnologien der zweiten Generation entwickelt und eingesetzt. Von den zugrundeliegenden Effekten wie Überlagerung und Verschränkung mag man gehört haben, die Komplexität des Themas kann aber abschreckend wirken. Es ist daher sinnvoll für die Gesellschaft sinnvoll Grundlagenwissen über diese Technologien und ihre Anwendung in der Bevölkerung zu gewährleisten, insbesondere im Bezug auf die Nachwuchsgewinnung in diesem Themenfeld.

2. Ablauf des Vorhabens

Hierzu wurden greifbare - und nachbaubare Exponate entwickelt. Künstlerische Aspekte wie Infinity-Mirror-Objekte, inspiriert von „Alice im Wunderland“, locken dabei Besucher an. Durch Auftritte auf Messen, Makerfaires und anderen Events wurde dabei fortlaufend Feedback durch die Besucher eingeholt und in die weitere Entwicklung eingearbeitet.

Quantentechnologien sind für die meisten Besucher eher ein sehr komplexes Thema, zu dem bereits die Grundlagen fehlen.

Jedes einzelne Exponat fokussiert sich daher spielerisch auf möglichst nur einige ausgewählte Aspekte der Quantentechnologie, wie beispielsweise die Grundlagen der sicheren Kommunikation durch den Quantenschlüsselaustausch in einem Flipper.

Die Exponate ermöglichen damit den spielerischen Erwerb von Wissen und so einen einfachen Einstieg in die Grundlagen, aber auch die Anwendung und Nutzen der Quantentechnologien. Da klassische, bekannte Spielmechaniken genutzt werden und das zu erlernende Quantenwissen begrenzt auf wenige Aspekte pro Spiel begrenzt werden, kann so niederschwellig Wissen vermittelt werden.

Durch den modularen Ansatz kann das Standangebot erweitert und angepasst werden. Ausserdem haben Besucher die freie Wahl welche Exponate sie ausprobieren, so dass der erste Schritt zum Wissenserwerb vereinfacht wird. Durch Open-Source-Aufbauten ist weiterhin ein Nachbau und damit langfristig auch der Einsatz in der Ausbildung möglich.

3. Ergebnisse

3.1 Exponate

- **Quantenflipper** (<https://www.instructables.com/Mobile-Quantum-Pinball/>)
In einem mechanischen Flipper wurde der Quantenschlüsselaustausch als Spielprinzip zum Gewinnen des Spiels genutzt. Während anfangs ein Flipper in (beinahe) Originalgrösse entwickelt wurde, stellte sich eine mehr transportable Version in A3-Grösse als bessere Lösung heraus: Für die meisten Besucher war schon der Hinweis das es den Quantenschlüsselaustausch gibt, sowie dessen Nutzen (neuen Pin-Code zum Satelliten schicken) mehr als genug. Er kann kostengünstig und individuell angepasst nachgebaut werden, was auf grosses Interesse stiess.
- **Bloch Cube** (Quantum hero)
Ein Infintiywürfel repräsentiert die Bloch-Sphäre, so dass Besucher durch Rotationen das Abbild eines QBit ausrichten können. Ausserdem können so unterschiedliche Basen veranschaulicht werden. Der Würfel hat den Nachteil das die Sphäre nur näherungsweise repräsentiert wird - dafür eignet er sich gut Besucher anzulocken und ihr Interesse zum Nachbau wecken (was auch für andere Infinity-Körper als reine Dekorationsobjekte galt).
- **Quantenwald** (<https://www.instructables.com/Quantum-Forrest/>)
Sieben Lichtsäulen erlauben 1D Spiele, bei denen jeweils Hinweise zu unterschiedlichen Anwendungen und Vorteilen der Quantensensorik gegeben werden. Neben der sieben Säulen kann dazu auch ein Obelisk (<https://www.instructables.com/Infinity-Obelsik/>) genutzt werden. Die Lichtsäulen sind gut geeignet das Publikum anzulocken und Interesse an Quantentechnologie zu entfachen.
- **LED-Matrixspiele** (<https://www.instructables.com/Make-LED-Panels-Look-Nice/>)
Als Simulationssystem (flexibler und nachvollziehbarer für Besucher als das zunächst angedachten Breadboard-Stecksystem) wurden LED Panels mit unterschiedlichen Diffusormaterialien entwickelt, welche unterschiedliche Aspekte wie Vorteile und Grundlagen der Quantentechnologien verdeutlichen. Durch den einfachen Aufbau und ansprechendes Design regen sie zum Nachbau an. Das Wissen zum Thema Quantentechnologie wird so kleinteilig vermittelt. Demgegenüber werden weitreichendere Erklärungen in den Anleitungen vom Publikum zumeist nur überflogen. Anzumerken ist dass das Interesse zum Nachbau ein Interesse im allgemeinen MINT-Bereich hervorbringt.

3.2 Sonstiges

- Aus den Exponaten wurden zum Einstieg kleinere Workshops entwickelt (Infinty Spiegel, Leuchtkristalle, leuchtende Taschen etc.) sowie als noch weiterlaufende Entwicklung Miniproduktionsmitteln wie ein Printenlaser. Allerdings sind auch diese ein Einstieg in den allgemeinen MINT-Bereich, während Quantentechnologiewissen höchstens schlagwortartig vermittelt wird.
- Zusätzlich wurde durch natürliche Oberflächen, Infintyobjekte und ähnlichem der Ausstellung ein nicht-technisches, ästhetisch ansprechendes Design gegeben, um Besucher anzulocken.
- Die Ergebnisse wurden dabei fortlaufend auf Messen und Makerfaires, aber auch kleineren Festival und Strassenfesten präsentiert um unterschiedliche Zielgruppen zu erreichen und deren Feedback einzuarbeiten.
- Der für die Projektarbeit notwendige Gerätepool ermöglicht den Betrieb eines monatlichen Repaircafes sowie eines wöchentlichen Openlab-Abends. Beide Angebote dienen zwar nicht direkt den Zielen von QuantumEscape, ermöglichen aber Feedback zu der Exponatsentwicklung.

QuantumEscape:

Alice - Zwischen den Spiegeln

Wir bringen der Bevölkerung spielerisch den Einsatz und Grundlagenwissen von Quantentechnologien bei

Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben QuantumEscape - Teil 2

Freie Maker e.V.

Lukasstrasse 1, 52070 Aachen / freie-maker.de

Ansprechpartner: Jan Thar / Tel: 0176 65986501 / jan.thar@rwth-aachen.de

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

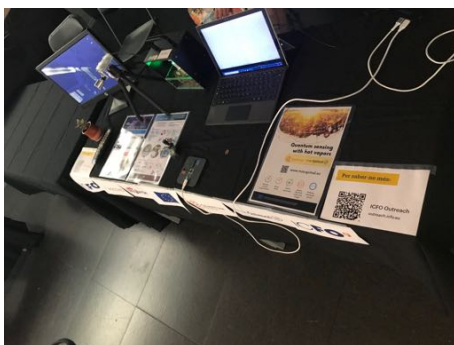
Ziel war und ist spielerisch und niederschwellig Grundlagenwissen sowie Anwendungsgebiete der Quantentechnologie der Bevölkerung zu vermitteln. Dieses Ziel beinhaltet insbesondere bei jüngerem Publikum die Aktivierung von potentiellen, zukünftigen Anwendern (Fachkräften, Forschern).

Dazu wurden verschiedene Exponate entwickelt um auf Veranstaltungen die Bevölkerung an Grundlagenwissen sowie Anwendungen der Quantentechnologien nahe zu bringen. Langfristig werden die Exponate weiter auf Veranstaltungen genutzt sowie erweitert. Die Open-Source-Veröffentlichung der Bauanleitungen ermöglichen einen zweistufigen Ansatz, den Interessierten Grundlagenwissen im Bereich Quantentechnologien beizubringen sowie ihr Interesse an MINT Themen wecken: Einmal während der Veranstaltungen durch die Exponate direkt und dann noch einmal durch den Nachbau, Weiterentwicklung und der Exponate zuhause.

Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt

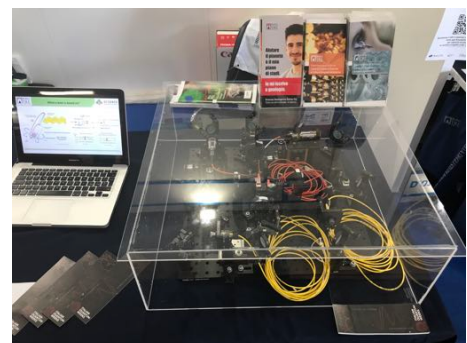
Im Laufe der Projektlaufzeit waren in natürlich die Ergebnisse der anderen QuantumAktiv Projekte für uns interessant. Insbesondere die niederschwelligen Bausätze zur Quantensensorik ermöglichen einen realen Einstieg für Interessierte - während für uns auf den Veranstaltungen überhaupt einmal Interesse zu wecken in den Vordergrund rückte.

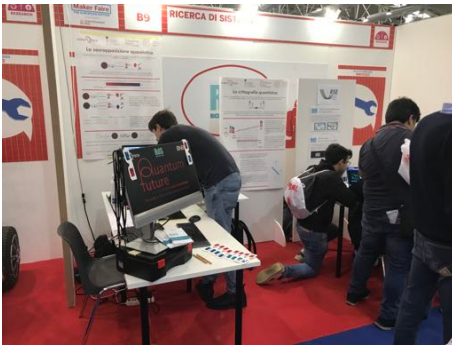
Hierzu gab es auf einigen europäischen Makerfares Ansätze.



Auf der Makerfaire Barcelona 2021 war ein Stand mit Verweis zur Quantentechnologie zu finden, insbesondere die entsprechende Webseite <https://quantumtour.icfo.eu/> war für uns interessant.

Auf der Makerfaire Rom 2022 war dann ein Versuchsaufbau zu den Grundkonzepten des Quantencomputers zu finden. Das Konzept war tatsächlich ähnlich wie unseres, der Aufbau dient dazu Interesse zu wecken und dann im Gespräch weitere Informationen zu erhalten. Hierbei nutzten sie einen realen Versuchsaufbau eines photonischen Quantencomputers





Auf der Makerfaire Rom 2023 gab es schließlich einen realen Versuchsaufbau zum Thema Quantenschlüsselaustausch zu besuchen, ausserdem wurde ein Workshop angeboten (Quantumrace) - auch hier scheint weiterhin die Hauptherausforderung zu sein Besucher für das Thema zu interessieren ohne sie durch empfundene Komplexität des Themas abzuschrecken.

Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Hauptposten waren Verbrauchsmaterialien für Exponatbau, Lagerung, Transport und schliesslich Werbematerialien (Giveaways und Workshopmaterial). Insbesondere die selbst gebauten Flightcase-Transportboxen sind dabei sowohl als Messestandtische wie auch Werkbänke nutzbar. In Kombination mit Ikea-Hockern als transportable Messe- und Arbeitssitzgelegenheiten sowie einem Zelt ist somit ein auf unterschiedlichste Veranstaltungszwecke anpassbarer Ausstellungsort entstanden.

Arbeitsgeräte wie Lasercutter, Stickmaschine, 3D-Drucker, UV-Drucker und Ähnliches erlaubten dabei die Nutzung und das Testen verschiedener Werkstoffe und Oberflächen für die Exponate, wie auch die Durchführung kleinerer Workshops, sowie erstes Feedback zu den Exponaten im Rahmen des wöchentlichen offenen Abends, wie auch den Betrieb eines Repaircafes.

Über die Reisekosten wurden schliesslich Teilnahmen an Messen und Makerfaires finanziert. Bei diesen Veranstaltungen wurden die Projektergebnisse vorgestellt, Feedback eingeholt sowie neue Impulse für Exponate erhalten.

Personalkosten sind in Form von Pauschalen für die Durchführung dieser Events sowie zwei kurzfristigen Stellen für Design und Produktion des grundlegenden Standkonzeptes genutzt worden. Eine weitergehende Entwicklung der Exponate fand im Rahmen der normalen Vereinsarbeit statt, wie auch nun nach Projektende stattfindende Veranstaltungen.

Erzieltes Ergebnis

Mit dem QuantumEscape sollte insbesondere eine Kombination von Maker-technologien (Programmieren, Elektronik, Lasercutter, 3D-Drucker) und damit auch MINT-Wissen zur Darstellung von Quantentechnologien genutzt werden. Statt eines echten Quantenescaperraums haben wir - da Besucher in den meisten Fällen Quantentechnologien zunächst als zu komplex empfinden - ein offenes Konzept genutzt, um Besuchern einen leichteren Einstieg zu geben.

In den dabei entwickelten Spielen können Siegbedingen(Spin up/down bei den Leuchtsäulen, Pin-Code beim Flipper sowie Texte bei den LED-Panels) weiterhin für einen derartigen Raum genutzt werden, gut nutzbar ist auch eine Kombination mit Belohnungssystemen wie dem Printenlaser, bei dem über den Touchscreen erlerntes Quantenwissen direkt abgefragt werden kann als auch individualisierte Designs erstellt werden können.

Wie geplant konnte Feedback durch Besucher nach und nach in die Entwicklung der einzelnen Projektmodule einfließen, auch wenn dies insbesondere durch ausfallende Veranstaltungen zu Beginn sowie Einschränkungen in der Nutzbarkeit des anfangs noch in den Niederlanden liegenden Makerspace als Produktionsort etwas verzögert wurde.

Insbesondere die modulare Bauweise war dabei von Vorteil, da so relativ schnell einzelne Komponenten getestet werden konnten. Dabei stellte sich heraus, dass generell nur begrenzt Interesse an vertiefendem Wissen vorhanden ist, der Zugang durch ästhetisches Design und Spielbarkeit aber zumindest vereinfacht werden kann.

Die wirksamste Variante die Besucher an die Quantentechnologien heranzuführen war, dies versteckt in den Spielmechaniken unterzubringen, entweder als Vereinfachung des Spiels (beispielsweise ein tunnelbarer 1*1 Stein bei Tetris) oder als Siegbedingung (Quantenschlüssel-austausch beim Flipper). Am besten funktionierte dabei eine Reduktion auf Schlagworte und Vorteile der Quantentechnologien, bei weitreichenderen Erklärungen haben die Besucher in den meisten Fällen abgewunken.

Somit wurden versucht das zu vermittelnde Wissen auf das Wesentliche zu beschränken und möglichst viele Spiele und nachbare Exponate zu verteilen.

AP1 QuantumHero



Zur Anzeige des Zustands eines Bits wurde ein Infinitywürfel genutzt, auf welchem die Achsen eingetragen sind und der aktuelle Zustand als Feueranimation dargestellt wird. Durch Drücken von Tasten auf einer Fernbedienung kann dieser Zustand durch Rotationen um die Achsen verändert werden, bis man diesen von einer zufälligen Ausrichtung entlang der z-Achse ausgerichtet hat - im Grunde haben wir ein Oben und Unten für Eins und Null, und vier weitere Zufallsseiten.

Zwar kann man damit das Konzept der Bloch-Sphäre als möglichen Zustandsraum eines QBits erklären, allerdings war die Spielidee weniger interessant als der Infinite-Würfel selber.

Alternatividee wie die Nutzung einer Plasmakugel um die Kugelform besser zu approximieren waren nicht zielführend.

Auch eine Reihe von Quantenstrichfiguren - deren Kopf als Repräsentation der Bloch-Sphäre dienen kann - funktionierte hierbei nicht optimal, sondern dienen nur (bei noch viel zu grossem Auf- und Abbauzeiten) vor allem zum Anlocken und als Selfiemotiv für Besucher.



AP2 QuantumPinball

(<https://www.instructables.com/Mobile-Quantum-Pinball/>)



Ein gebauten Flipper in nahezu Standardgrösse eines mechanischen Flippers erwies sich als nur schwer transportabel, teuer und kompliziert im Bau erwies sich gegenüber der einwirkenden Kräfte zunächst zu schwach konstruiert. Ein alternatives kleineres Modell, angelehnt an einen Kinderflippers, erwies sich als bessere Lösung.

Die Erklärungen und der Spielablauf konnten so während der Projektlaufzeit immer weiter angepasst werden.

Der einfache und anpassbare Aufbau weckte besonders das Interesse der Besucher am

Nachbau. Durch die Frage nach Siegbedingungen kam man auch gut zum Quantenschlüsselaustausch - auch wenn hier auch wieder vor allem Nutzen und Schlagwort funktionierten, bei den detaillierten Erklärung wurde dann meistens abgewunken.

AP3 Simulationskit, Hardware und Basisansteuerung

(<https://www.instructables.com/Make-LED-Panels-Look-Nice/>)

Zwar vereinfachten Entwicklungen wie Microsofts JacDac System prinzipiell den Aufbau des Breadboard-Systems, allerdings war dieses System kaum dazu geeignet, das Interesse der Besucher an Quantentechnologien zu wecken. Außerdem haben die angedachten Vergleiche zwischen herkömmlicher Technik und Quantentechnik nur wenig mit Breadboards zu tun. Die parallel in andere Quantum-Aktiv-Projekten entwickelten Systeme zum realen Aufbau optischer Quantensysteme bieten hingegen einen vielversprechender Ansatz für Interessierte.

Bei einer reine Computersimulation fehlt der angefachte Anreiz des Nachbauens und wäre unpassend.

Infolgedessen wechselten wir von Breadboardstruktur zu LED-Panels als Simulationsbasis. Das dazu notwendige Basissystem ist wieder einfach nachbaubar, und durch interessante Oberflächen verstärken wir den Anreiz dazu (Kunstwerk fürs Wohnzimmer). Schliesslich können wir Spiele darauf abspielen (teilweise in Kombination mit den benutzen Oberflächen), und damit die mit Hilfe des Simulationskit gewünschten Hinweise zum Thema Anwendung, Nutzen und vergleich zwischen herkömmlicher und Quantentechnologie geben. Auch lassen sich durch beispielsweise durch Farbwechsel Unterschiede zwischen digitaler Technik und Quantentechnologie darstellen.

Für weitergehende Simulationen - insbesondere für optische Systeme ist die Auflösung allerdings zu gering.

Um den Besucher zu erreichen und nicht abzuschrecken wurde dabei das Wissen in möglichst kleinteilig und dafür verteilt auf mehr Spielen präsentiert.

AP4 Simulationskit: Einfache Experimente zum Thema digital, analog vs Quantentechnik



Zunächst sind wir mit Grundlagen zur Quantentechnologien gestartet. Dabei haben wir zunächst allgemeine Grundlagen angegangen und haben uns an alten Klassikern bedient.

Das populärste Spiel - was leider auch am wenigsten Bezug zu den Quantentechnologien zweiter Art hatte - war Quantumtetris.

Im Gegensatz zum klassischen Tetris gibt es hier noch einen 1'1 Stein, welcher klein genug ist das er durch schon abgelegt Steine in eine Lücke dahinter tunneln kann, was für

Tetris hilfreich ist. Als Oberfläche wurde Slatelite-Echtstein-Furnier genutzt, dünn genug das Licht durchscheinen kann, was auch relativ gut das Thema Tunneleffekt symbolisiert.

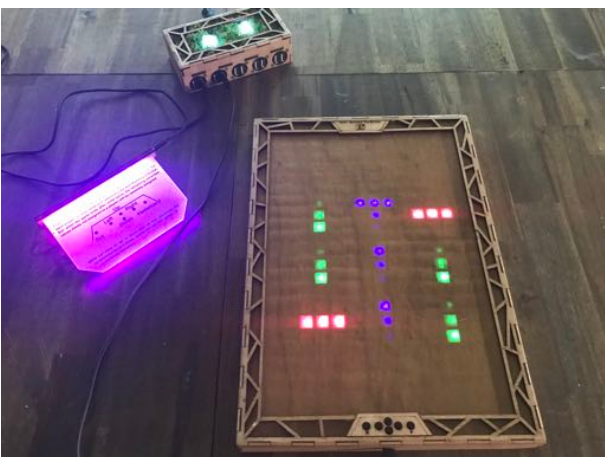
Auch hier stellten wir aber fest, dass damit ein Nachbauinteresse gegeben ist, dass das Schlagwort Tunneleffekt zwar ankommt und auch gemerkt wird, weitreichendere Erklärungen, wie dieser funktioniert, aber nur selten gewünscht/gelesen werden.



In einem Snake-Spiel wie auf den ersten Mobilfunktelefonen haben wir dann ein paar Grundlagen zum Thema Messbasen vermittelt: Hier nutzen wir zwei Sorten von leuchtenden Steinen, die unterschiedliche Objektmesssysteme darstellen. Nutzt die Schlange das gleiche Messsystem (Farbe) kann sie die Steine gefahrlos aufsammeln, andernfalls besteht eine 50% Wahrscheinlichkeit das sie den falschen Wert bekommen würde und damit das Spiel endet.

Oberfläche hier waren Salzkristalle, kombiniert mit Moos. Diese Designidee wurde sowohl im Flipper wie auch anderen

Stellen des Standdesigns wieder aufgegriffen haben (<https://www.instructables.com/USB-Power-Distribution/>) sowie einen Miniworkshop dazu entwickelten (<https://www.instructables.com/Salt-Crystal-Lamp/>).



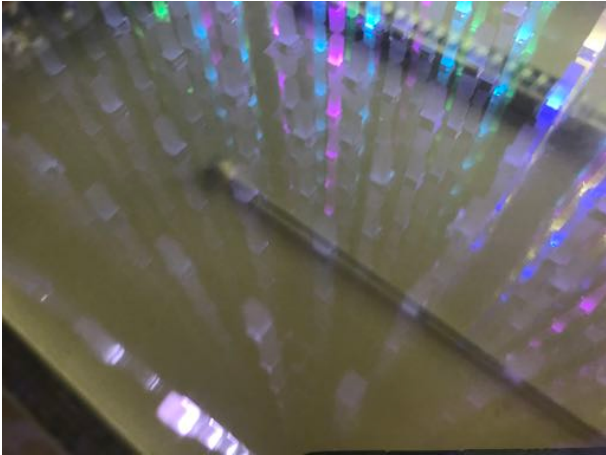
In einem Tic-Tac-Toe Spiel (hinter einem Holzfurnier) wollten wir dann Operatoren in einem Quantencomputer erklären. In einer ersten Version war dies noch ein 4-Gewinnt-Spiel, in welchem mehrere Operatoren zur Manipulation von Q-Bits genutzt werden konnten, dies war aber so kompliziert das Besucher es nicht verstanden und folglich der Spielspass und auch das Lernen auf der Strecke blieb.

Deswegen haben wir es auf 3-Gewinnt vereinfacht und nur noch zwei Operatoren

sind zugelassen: man kann entweder ein QBit aus dem undefinierten Zustand (Eins oder Null) ändern (was dem x und o entspricht) - oder aber mit dem „Hadamardgate“ eine Position des Gegners wieder zurück in den undefinierten Zustand versetzen.

Da man Siegkombinationen ja auch wieder zerstören kann, kann das Spiel unendlich lange dauern. Daher beendet der Computer das Spiel nach einer bestimmten Anzahl Spielzüge, und weist undefinierte Spielzüge dem einen oder anderen Spieler zu.

Das Spiel wird somit von einem Kein-Sieg-Spiel zu einem Zufallssiegspiel, nicht viel besser aber immerhin spielbar.



Mit einem Unendlichkeitsspielfeld, auf dem ein Breakout Spiel läuft, haben wir dann den Aspekt betrachtet, dass ein QBit im Vergleich zu einem normalen Bit bis zur Messung unendlich viele Zustände gleichzeitig einnehmen kann. Auch hier gibt es wieder eine vereinfachte Version als Workshop (<https://www.instructables.com/Mobile-Infinity-Hole/>). Das Spiel kommt gut an, aber hier ist der Spielablauf zu nahe am klassischen Spiel: Die Spielanleitung mit den Hinweisen zur Quantentechnologie wird so kaum wahrgenommen.

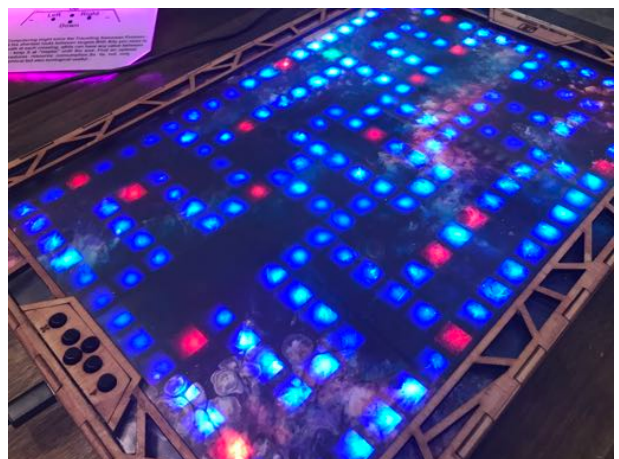
AP5 Simulationskit: Optische Aufbauten, Quantenkommunikation

Die nächste Gruppe an Spielen auf den LED-panels ging dann um Anwendbarkeit und Nutzen von Quantentechnologien zweiter Art, insbesondere zu Quantencomputer und -sensoren.

Insbesondere bei Letzteren gab es noch einmal Überlegungen, reale Sensoren wie Kameras als Eingabemittel und damit zum Vergleich und mit zur Simulation von Quantensensorik zu nutzen - aufgrund der Herausforderung, Besucher überhaupt an das Spielen zu bekommen, war aber eine einheitliche Ansteuerung zwischen den einzelnen Systemen sinnvoller.



Zur Darstellung eines Diamant-stickstoff-fehlstellensensor wurde von hinten beleuchtetes Glas verwendet. Im Spiel selber bewegt man dann einen Leuchtpunkt über das Spielfeld, dessen Farbe sich je nach Abstand zum sich bewegenden Ziel ändert.



In den letzten beiden Spielen gingen wir dann auf die Vorteile eines Quantencomputers ein: Bei einem Spiel muss der Besucher mit

möglichst wenig Spielzügen Zielpunkte auf einem Spielfeld einsammeln (Travelling Salesman) - was ein Quantencomputer viel besser lösen könnte und somit Geld und Ressourcen spart.



Das zweite Spiel ist das klassische Mastermind-Logikrätselspiel, auch hier wieder mit dem Hinweis das der Quantencomputer klassische Verschlüsselungscodes besser knacken kann. Der Besucher muss in beiden Fällen sich in den Spielen aber weiterhin klassisch digital entscheiden.

AP6 Simulationskit: Quantensensorik

(<https://www.instructables.com/Quantum-Forrest/>)



Hier wurde Quantenwald als Lichtsäulen erweitert und optisch aufgewertet, so dass auf sieben Säulen unterschiedliche 1D-Spiele gespielt werden konnten. Jedes dieser Spiele sollte ursprünglich mit einem klassischen Sensor - als schlechtere Variante zu einem Quantensensor - angesteuert werden um der Simulationsidee gerecht zu werden.

Allerdings kam schon bei einer Ansteuerung mit Fernbedienungen die Herausforderung auf, dass Besucher überhaupt verstehen dass - und wie - man Spiele darauf spielen kann.

Daher war ein einheitliches Steuersystem sinnvoller. Die Hinweise, wofür Quantensensoren später eingesetzt werden können, beziehen sich daher soweit es geht auf die Spielmechaniken. Mit realen Sensoren wären wir zwar näher an einer Simulation und dem Vergleich zu Quantensensoren gewesen, aber so wurde es für die Besucher interessanter und der Zugang einfacher - und sowohl Arten wie auch Nutzen von Quantensensoren wurde den Besuchern durch die Spielanleitung auf der Fernbedienung vermittelt.

So lernt man bei einem WhackAMole Spiel, dass Quanten Sensoren zur Krebserkennung eingesetzt werden können. In einem Rennspiel gibt es den Hinweis, dass Quantenbeschleunigungssensoren die Innenraumnavigation verbessern, bei Pong geht es um den richtigen Zeitpunkt, dass ein Quantensensor viel genauer die Zeit messen kann. In einem Indiana-Jones-Spiel mit den Pendeln des Todes folgt dann der Hinweis, dass Quantenlagessensoren autonomes Fahren verbessern, während es bei Pacman der Hinweis auf Quantengravitationssensoren und damit das Finden von Bodenschätzen gibt. In Worms nehmen wir Bezug auf Magnetfeldquantensensoren im NMR, und schliesslich kommen wir bei einem Memory-Spiel auf Quantensensoren, die Nervenimpulse für medizinische Diagnosen genauer messen können.

Zusätzliche Ergebnisse/Exponate



Was sich von den zusätzlichen Exponaten als gut einsetzbar herausgestellt hat war ein mobiler Printenlaser. Eine noch kleinere Version mit integrierter Touchscreensteuerung ist in der Entwicklung, insbesondere im Hinblick eine Einstufung in Laserklasse 1 zu erzielen. Das modulare Konzept erlaubt diese Maschine beispielsweise auch mit Lebensmittelfarben zeichnen zu lassen oder als Fräse zu nutzen.



Kleinere Workshops ohne direkte Quantentechnologiebezug, aber für einen ersten niederschweligen Zugang für Jugendliche und Kinder sind beispielsweise leuchtende Taschen (<https://www.instructables.com/Makey-Bag/>) und - in einer neue Version - beleuchtete Namensschilder (<https://www.instructables.com/Acrylic-LED-pendant/>).

Insgesamt wurden bei den Projekten vor allem Standardmaschinen genutzt, welche in Makerspaces und Fab Labs zu finden sind, genutzt. Dies ist vor allem der Lasercutter, 3D Drucker waren vor allem für komplexere Entwürfe im Einsatz, während mit Buttonpresse, Vinylcutter (insbesondere für T-Shirtfolien), Tiefziehmaschine (Peppers-Ghost-Pyramiden für Smartphones) und Stickmaschine unterschiedliche Giveaways und Designtests erprobt werden konnten.

Als ein sehr gutes Giveaway stellten sich mit dem UV-Drucker bedruckte Klemmbausteine heraus - im einem Fall fanden wir diese ein Jahr später auf Messeexponaten eines anderen Standes wieder.



In Kombination mit den Lasercutter lassen sich so auch Holzpuzzle selber herstellen - was insbesondere von Kindern im Lab gerne genutzt wird eine Verknüpfung zu Quantentechnologien ist uns hier aber nicht gelungen. Für den Transport wurde schliesslich ein Flightcasesystem entworfen und gebaut, welches sowohl aufrecht als Messestand (mit Holzoberfläche), oder liegend als niedriger Tisch oder Sitzgelegenheit genutzt werden konnte. Die Höhe erlaubt dabei auch die Nutzung als Werkbank.

Ansteuerung

Wie bereits erwähnt hat die Ansteuerung der Spiele unerwartet vieler Iterationen bedurft bis Besucher die Exponate instinktiv ausprobierten und nutzten.



Überlegungen, unterschiedliche Sensoren/ Kamerasysteme als Ansteuerung zu verwenden wurden nach ersten Tests verworfen. Es ist hier noch keine Lösung in Sicht, dies einfach und verständlich anwendbar zu machen.

Erste Versuche, einer Fernbedienung aus 3D-Druckteilen mit aufleuchtendem Acryl in der Mitte wurden von Besuchern nicht als

Ansteuerung wahrgenommen.

Selbst die Replik/Nutzung von modifizierten Gamepads war eine Herausforderung. Alleine das Herausführen des Kabels aus dem oberen Teil der Fernbedienung verwirrte die Besucher, so das sie teilweise trotz Beschriftung diese um 180° drehten. Auch sind nicht funktionale Tasten - sowie Menüauswahlen störend.



Optimal funktionierten am Ende Ansteuerungen im Stile von Fernbedienungen, reduziert auf nur benötigte Tasten. Allerdings gab es hierbei dann immer noch ein Problem mit der Zuordnung der einzelnen Fernbedienung zu den Spielen.

Zuletzt wurde zumindest für die LED-Matrixspiele die Ansteuerung in die Spielfelder integriert um die Nachbaubarkeit zu verbessern.



26./27. Februar 2020 W3+ Wetzlar

12. September 2020 Makerwandertag mit kleiner Ausstellung (Vereinsintern)

26./27. September 2020 Makerfaire Eindhoven

18. Juni 2021 Virtuelle Makerfaire Hannover

2.-4. Juli 2021 Maker Campus Nantes

25. Juli 2021 Tag der Printe

22./23. September 2021 W3+ Rheintal

25./26. September Makerfaire Eindhoven

8.-10. Oktober 2021 Makerfaire Rom

13. November 2021 Makerfaire Sindelfingen

26./27. März 2022 Makerfaire Ruhr

25.-29. April 2022 Laserworld München

8.-10. Juni 2022 re.publica (aber nur Dekoelemente)

10.-12. Juni 2022 Kimiko Festival

15. Juni 2022 Abschlussveranstaltung Makers+ Amay (nicht über Projekt finanziert)

21. Juni 2022 Kongress Quantensysteme Berlin

25. Juni 2022 LothingAir Aachen (Strassenfest)

1.-3. Juli 2022 Makerfaire Barcelona

8.-10. Juli 2022 Maker Campus Nantes

6. August 2022 Neueröffnung Makerspace (Verein)

20.-21. August 2022 Tag der offenen Tür im BMBF

26.-28. August 2022 Parkleuchten Rheine

10.-11. September 2022 Makerfaire Hannover

24.-25. September 2022 Makerfaire Eindhoven

7.-9. Oktober 2022 Makerfaire Rom

12.-22. Oktober 2022 Bali Fab Fest

29. Oktober 2022 Makertag Wuppertal

17.-20. November 2022 Messeherbst Stuttgart

25.-26. März 2023 Makerfaire Ruhr

9-11. Juni 2023 Kimiko Festival

17. Juni 2023 HCC Niederlande (nicht projektfinanziert)

27-30. Juni 2023 Laserworld München

7.-9. Juli 2023 Maker Campus Nantes

16.-28. Juli 2023 Fab Konferenz Bhutan

15.–18. August 2023 inoffizielles LLLager

23.-24. September 2023 Makerfaire Eindhoven
20.-22. Oktober 2023 Makerfaire Rom
3. November 2023 Absolventenehrung Eurogress

16.-17. März 2024 Makerfaire Ruhr
12. April 2024 Forschernacht Junioruni Wuppertal
18.-19. Mai 2024 Makerfaire Luxemburg
7. Juni 2024 Makerfaire Wuppertal

Anstehende Events:

5.-7. Juli 2024 Maker Campus Nantes
?? 17.-18. August Makerfaire Hannover
31. August-1. September Makerfaire Trieste
14./15. September Maker Days Eindhoven
11. Oktober Makertag Wuppertal (noch unbestätigt)
25-27. Oktober Makerfaire Rom (noch unbestätigt)

Veröffentlichung der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden/werden auf Instructables publiziert, damit sie nachgebaut werden können. Für den Quantenflipper ist auch noch eine Veröffentlichung über das deutsche Make-Magazin im Gespräch. Hierfür läuft die letzte Runde Zuverlässigkeitstests der Überrolltargets,

Fortgeschriebener Verwertungsplan

Die Projektergebnisse werden weiterhin für entsprechende Veranstaltungen genutzt und weiterentwickelt werden.

Während wir in erster Linie versuchen die Menschen durch die Open-Source-Bauanleitungen zum Nachbau in Makerspaces und FabLabs zu motivieren, stellte sich auch die Frage nach Bausätzen oder käufliche Erwerbbarkeit. Zumindest ersteres ist angedacht, da der Zugang zu notwendigen Maschinen nicht überall gewährleistet ist. Haupthindernis sind hierbei noch der bürokratische/kostenmässige Aufwand beispielsweise durch ElektroG, zumindest für vollständige Bausätze.

Printenlaser und daraus abgeleitete Maschinen (Keksplotter, Leuchtschildfräse) werden noch zu Ende entwickelt. Auch hier wird es wieder Open-Source-Bauanleitungen und die Verwendung auf Veranstaltungen geben.

Da das Gesamtkonzept des Standes sowohl von Design wie auch Verwend- und Anpassbarkeit gut ankommt, werden auch zukünftige Exponate in anderen Bereichen im gleichen Stil gehalten und damit die Ausstellungsstücke weiter ergänzt. Damit wird auch weiterhin sowohl für die - erst spät veröffentlichten - Anleitungen und Themen sowie das Projekt selber Werbung gemacht.