LAGUNA

Digitales Gesellschaftsspiel mit Tablet-Touch und Tangibles

Hochschule
Augsburg University of
Applied Sciences

Bachelorarbeit | Interaktive Medien | Sommersemester 2015

Laguna - Digitales Gesellschaftsspiel mit Tablet-Touch und Tangibles

Christian Reichart | christian.reichart@hs-augsburg.de

Betreuer an der Hochschule

Prof. Dr. Michael Kipp

Betreuer bei Xitaso GmbH

Christian Höfle

Dr. Michael Schackert

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel verwendet sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Augsburg, 13.07.2015

Christian Reichart

Abstract

Brett- und Kartenspiele werden fast ausschließlich in einer geselligen Runde mit Freunden oder der Familie gespielt. Es steht die soziale Interaktion und Kommunikation mit den Mitmenschen im Vordergrund. Ziel dieser Arbeit ist es, ein digital-analoges Spielkonzept zu entwickeln, dass für diesen Anwendungsfall geeignet ist und haptische Komponenten mit einem Tablet verbindet.

Es wurde ein Gesellschaftsspiel konzipiert, bei dem ein Tablet auf die Mitte des Spielplans gelegt wird und eine Holzfigur mit integriertem Magneten erkennen kann. In diesem Angelspiel müssen die Spielerinnen und Spieler versuchen, möglichst viele und wertvolle Fische aus einem Teich zu angeln. Die Holzfigur wird hierbei zum Fischen benutzt und das Mobilgerät stellt das Gewässer dar. Durch das Tippen auf den Screen kann man zudem Einfluss auf die Fische nehmen und sie in eine bestimmte Richtung lenken.

Dieses Konzept wurde für das Softwareunternehmen Xitaso GmbH entwickelt, um die Magnettechnologie in ein präsentierfähiges Format zu bringen. Durch Nutzertests hat sich ergeben, dass das Spiel besonders für Kinder und Familien geeignet ist und bei einer Weiterentwicklung der Spielmechaniken auch das Potenzial zu einem serienfähigen Hybridspiel hätte. Die Darstellung der Fische mittels Schwarmalgorithmus wurde durchweg positiv aufgenommen und auch die Steuerung per Magnet hat bis auf zeitweise auftretende Hardwareprobleme gut funktioniert.

Inhalt

1. Einleitung ... 10

1.1. Motivation ... 10

1.2. Zielsetzung ... 11

2. Verwandte Spiele ... 13

2.1. SmartPLAY ... 13

2.2. Dice+ ... 17

2.3. EPawn Arena ... 20

2.4. Tiptoi ... 22

2.5. Fazit ... 24

3. Verwandte Arbeiten ... 28

3.1. Tangibles mit Magneten ... 28

3.2. Unterscheidung mehrerer Magneten ... 29

4. Konzeption ... 31

4.1. Magneterkennung ... 31

4.2. Magnet als Spielelement ... 33

4.2.1. Spielfigur ... 34

4.2.2. Physisches Steuerungselement ... 35

4.2.3. Verdeckter Positionsmarker ... 36

4.3. Angelspiel Laguna ... 37

5. Umsetzung ... 44

5.1. Überblick ... 44

5.1.1. Processing ... 44

5.1.2. Softwarearchitektur ... 45

5.2. Fische ... 48
5.2.1. Darstellung ... 49
5.2.2. Schwarmverhalten ... 51
5.2.3. Beeinflussung durch Multi-Touch ... 55
5.3. Angel ... 56
5.3.1. Spielfelder für Angel ... 57
5.3.2. Auswertung der Magnetfeldlinien ... 57
6. Nutzertests ... 60
6.1. Rahmenbedingungen ... 60
6.2. Ergebnisse ... 61
6.3. Schlussfolgerungen ... 66
7. Schlussbetrachtung ... 68
7.1. Diskussion ... 68
7.2. Ausblick ... 69
8. Quellen- und Literaturverzeichnis ... 72
8.1. Fußnoten ... 72
8.2. Literatur ... 75

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 SmartPLAY-Spiel „Das Magische Museum“ ... 14
Abb. 2 Dice+ Controller (Quelle: www.dicepl.us) ... 19
Abb. 3 EPawn Arena mit Spielfiguren (Quelle: www.epawnarena.com) ... 21
Abb. 4 Spielkomponenten „Das versunkene Logikland“ ... 23
Abb. 5 Übersicht der Magnetic Appcessories (Quelle: vgl. Literaturverzeichnis Abs. 12) ... 28
Abb. 6 Aufbau eines MagnID-Tokens (Quelle: vgl. Literaturverzeichnis Abs. 13) ... 29
Abb. 7 Feldlinien eines Magneten erzeugen Werte im Magnetsensor (Quelle: Xitaso GmbH) ... 32
Abb. 8 Veranschaulichung Schiebe- und Drehregler mit Magnet ... 35
Abb. 9 Spielplan mit Tablet ... 37
Abb. 10 Köderauswahl durch Angel-Orientierung ... 38
Abb. 11 Köder einholen durch entfernen der Angel vom Spielfeld ... 40
Abb. 12 Fische verscheuchen durch Tippen auf Screen ... 42
Abb. 13 Stark vereinfachte Klassenübersicht ... 47
Abb. 14 Verschiedene Fischarten ... 48
Abb. 15 Pseudocode: Zeichnen eines Fisches ... 49
Abb. 16 Veranschaulichung Animation mit Sinus-Funktion ... 50
Abb. 17 Veranschaulichung Separation ... 52
Abb. 18 Veranschaulichung Kohäsion ... 53
Abb. 19 Veranschaulichung Richtungsangleichung ... 54
Abb. 20 Angel-Holzfigur mit drei verschiedenen Ködern ... 56
Abb. 21 Formel zur Berechnung des erwarteten Sensorwertes (Quelle: Xitaso GmbH) ... 58
Abb. 22 Pseudocode: Überprüfung der Angelposition ... 59
Abb. 23 Testergebnisse der ersten Testreihe ... 63
Abb. 24 Testergebnisse der zweiten Testreihe ... 65

1. Einleitung

Im folgenden Abschnitt werden die Beweggründe für diese Arbeit sowie die Definition der Ziele erläutert.

1.1. Motivation

Immer mehr Brettspiele besitzen heutzutage eine digitale Komponente, um das Spielerlebnis zu erweitern oder neue Spielkonzepte zu schaffen. [1] Durch die weite Verbreitung von mobilen Endgeräten wird dieser Teil zunehmend nur noch durch eine App verkörpert, die der Nutzer auf seinem Smartphone oder Tablet installieren muss. Den Spieleentwicklern ist es so möglich, auf die komplexe Sensorik und die fortgeschrittenen Ausgabemöglichkeiten dieser Geräte zuzugreifen ohne Mehrkosten beim Endprodukt zu verursachen, da die benötigte Hardware nicht mitgeliefert werden muss. Der so entstandene Gestaltungsspielraum ist groß und aktuell noch nicht annähernd ausgeschöpft.

In mobilen Geräten verbaute Displays bieten eine ideale Möglichkeit, dynamisch Informationen oder Animationen darzustellen und die vorhandenen Lautsprecher können für Sprachausgabe oder Musikuntermalung genutzt werden. Außerdem kann man durch Verbindungstechnologien wie BlueTooth oder WLAN mit weiteren Geräten kommunizieren und durch die eingebaute Sensorik wie Kamera oder Magnetometer physische Objekte in den Spielverlauf miteinbeziehen. Die Möglichkeiten, diese Funktionalitäten in ein Gesellschaftsspiel zu integrieren, sind vielfältig und werden in dieser Arbeit näher beleuchtet.

1.2. Zielsetzung

Gesellschaftsspiele sind ideal als soziale Beschäftigung für Freunde oder Familie geeignet. Die Spielerinnen und Spieler sitzen sich in einer geselligen Runde gegenüber, interagieren mit einem von allen Seiten meist gut einsehbaren Spielplan und können sich miteinander unterhalten, wenn sie nicht am Zug sind. Es sollte ein Spielkonzept entwickelt werden, welches diese Charakteristiken mit einem Tablet vereint und so neuen Gestaltungsspielraum für digital-analoge Gesellschaftsspiele aufzeigt.

Das Spiel sollte ein Familienspiel werden, also eine möglichst breite Masse der Bevölkerung ansprechen. Die Spielmechaniken sollten simpel genug sein, damit sie von einem Kind verstanden werden können, aber dennoch interessant genug, um auch älteren Spielern die Möglichkeit auf Spielspaß zu bieten.

Für das Konzept war es außerdem wichtig, physische Elemente zu verwenden, da diese dem Spiel eine gewisse Wertigkeit geben und ein haptisches Erlebnis bieten, welches man auch beim Spielen von klassischen Brettspielen hat. Als Grundlage hierfür wurde eine Technologie zur Positionsbestimmung eines Magneten mittels Magnetometer genommen.

Zur Überprüfung der Umsetz- und Spielbarkeit des Konzepts sollte zudem ein Prototyp erstellt werden, der die Grundfunktionalität der Magneterkennung sowie deren Integration in das Spiel umfasst. Wichtig war hier auch, dass er für interessierte Firmen in ein präsentierfähiges Format gebracht wurde. Anhand von Nutzertests wurde dieser Prototyp evaluiert und verbessert.

2. Verwandte Spiele

Viele Unternehmen verfolgen bereits verschiedenste Ansätze, um klassische Brettspiele mit moderner Techologie zu verknüpfen und damit Hybridspiele auf den Markt zu bringen. Im folgenden Abschnitt werden einige dieser Systeme vorgestellt, ihre Technologie erklärt und ihre Gebrauchstauglichkeit analysiert.

2.1. SmartPLAY

SmartPLAY [2] ist eine Spielreihe von Ravensburger, die aktuell drei Spiele umfasst, jedoch sind bereits weitere Vertreter in Planung. Bei SmartPLAY wird mit einem Stativ ein Smartphone oberhalb des Spielplans angebracht, das anschließend mit der Kamerafunktion den Spielfortschritt überwachen und je nach Situation mit Audiosignalen, Musik oder Sprache reagieren kann. Die Spieler/-innen können Einfluss auf das Spiel nehmen, indem sie beispielsweise Farbmarker an einer bestimmten Stelle auf dem Brett platzieren oder speziell gekennzeichnetes Spielmaterial in den Sichtbereich der Handykamera halten.

Abb. 1 *SmartPLAY-Spiel „Das Magische Museum“*

Im Rahmen der Recherche wurde das Spiel „Das magische Museum“ [3] (Abb. 1) aus dieser Reihe angetestet.Dieses eher für eine jüngere Zielgruppe konzipierte Brettspiel funktioniert rein kooperativ. Man spielt nicht gegeneinander, sondern muss gemeinsam die Aufgaben bewältigen, die einem das Spiel stellt. Konkret geht es darum, durch Versetzen von Spielfiguren ein Museum zu durchsuchen und in einer begrenzten Anzahl von Zügen Gegenstände zu sammeln. Das Smartphone erkennt hierbei, wohin die Spielfiguren versetzt wurden und teilt per Audioausgabe mit, ob und was gefunden wurde. Damit die Suche nicht komplett zufällig ablaufen muss, kann man zudem den „Nachtwächter“ befragen, der einem - ebenfalls über Sprachausgabe - Tipps zum Aufenthaltsort bestimmter Gegenstände gibt. In bestimmten Phasen des Spiels müssen zudem Würfel geworfen werden, die über Erfolg und Misserfolg bestimmter Spielaktionen entscheiden. Die App erkennt das Würfelergebnis und reagiert entsprechend darauf.

Da die Kamera des Handys stets das gesamte Spielfeld „im Blick“ hat, muss das Gerät während einer Partie nicht direkt über die Touch-Oberfläche bedient werden. Somit wird der Spielfluss nicht unterbrochen und der Fokus der Spieler kann ungestört auf dem Spielbrett bleiben. Für eine reibungslose Funktionalität muss jedoch eine gute und gleichmäßige Ausleuchtung vorhanden sein, da es sonst passieren kann, dass die App bestimmte Aktionen nicht oder falsch registriert. Die permanente Nutzung der Kamera durch die Anwendung führt zudem zu einem hohen Akkuverbrauch.

Durch die Anbringung des Gerätes auf dem Stativ kann außerdem der Bildschirm nicht als Ausgabemedium verwendet werden und das Handy ist auf Audiowiedergabe angewiesen, um den Spielverlauf voranzutreiben. So ist das Spieltempo stark abhängig von den Tonausgaben und die Kommunikation der Teilnehmer/-innen untereinander wird dahingehend eingeschränkt, dass während wichtiger Mitteilungen des Geräts eine niedrige Geräuschkulisse benötigt wird. Ravensburger scheint sich dieser Problematik bewusst zu sein, denn es wurde eine „Fernbedienung" (ein bedruckter Karton, den man in die Kamera halten kann) bereitgestellt, mit der man Ansagen der App überspringen oder wiederholen kann. Nichtsdestotrotz liegt es in der Natur einer akustischen Kommunikation, dass diese Zeit benötigt und somit das Spieltempo teilweise vorgibt.

Ein von Ravensburger beworbener Vorteil dieses Spielsystems ist die individuelle Anpassbarkeit an die Teilnehmer. Gemeint ist damit, dass man vor Beginn eines Spiels eine von drei Altersgruppen für die jeweiligen Spieler auswählt (Erwachsene, Teens und Kinder) und die App passend zu dieser den Spielverlauf einfacher oder schwerer gestaltet. Möglich wird dies jedoch nur durch den geführten Spielverlauf, denn die Anwendung muss zu jeder Zeit wissen, welche Person aktuell an der Reihe ist.

2.2. Dice+

Der vom europäischen Unternehmen Game Technologies entwickelte Dice+ [4] für mobile Endgeräte ist ein physischer Würfel, der über Bluetooth mit einem verbundenen Gerät kommunizieren und somit als Controller für verschiedenste Spieleanwendungen verwendet werden kann. Die Spiele sind rein digitale Apps, sprich ein Spielplan oder sonstiges Spielmaterial wird nicht benötigt. Dice+ ist also eher eine interaktive Erweiterung für digitale Spiele, als ein eigenständiges, hybrides Brettspielsystem (Abb. 2).

Der 26mm große Würfel hat sechs Seiten mit einer jeweils fest eingebauten Ziffer von eins bis sechs, die durch LEDs in den verschiedensten Farben aufleuchten kann. Ein Annäherungssensor lässt den Würfel erkennen, dass er in der Hand eines Spielers oder einer Spielerin gehalten wird und nach dem Würfelvorgang stellt er durch ein Magnetometer seine Lage im dreidimensionalen Raum und somit die obenliegende Würfelseite fest. Ein zudem verbauter Beschleunigungssensor wird vermutlich auch für die Lagebestimmung verwendet, jedoch konnten hierzu keine genaueren Informationen gefunden werden. Auf jeden Fall ermöglicht dieser Sensor aber weitere Steuerungsmöglichkeiten, wie beispielsweise die Verwendung als „Joystick“ durch Neigen des Würfels.

Um die Möglichkeiten anhand eines konkreten Beispiels aufzuzeigen, wurde das Spiel „Rumble Stumble“ [5] genauer betrachtet. Diese Anwendung für zwei Personen ist eine Anlehnung an das bekannte Geschicklichkeitsspiel „Twister“ [6]. Statt Händen und Füßen platziert man hier jedoch nur seine Finger auf Farbfeldern im Tablet-Display. Zu Beginn des Spiels muss der Würfel von jedem Spieler möglichst schnell geschüttelt werden, um den Startspieler zu bestimmen. Diese

Person würfelt nun und berührt entsprechend der gewürfelten Zahl und Farbe Felder auf dem Display. Hat sie beispielsweise eine blaue drei gewürfelt, so müssen drei Finger auf blauen Feldern platziert werden. Die Farbe, in der die gewürfelte Ziffer aufleuchtet, wird zufällig bestimmt. Hält man die Fingerpositionen bis zum nächsten Zug auf den entsprechenden Feldern, so erhält man dafür Punkte und kann das Spiel gewinnen.

Der Dice+ ist in seiner Bedienung sehr einfach, da er sich automatisch mit vorhandenen Geräten verbinden und selbstständig ein- und ausschalten kann. Er ist somit seinem analogen Pendant sehr ähnlich und es Bedarf keinerlei zusätzlicher Erklärung bei der Bedienung. Obwohl ein Würfel natürlich leicht mit einem Zufallsalgorithmus in der Anwendung simuliert werden könnte, bietet die Verwendung des Dice+ den Vorteil eines physischen Bedienelements. Die Spielerinnen und Spieler haben durch ihre Wurfbewegung direkt Einfluss auf das Würfelergebnis und fühlen sich nicht einer unveränderbaren Zufallsfunktion „ausgesetzt".

Die farbigen LEDs, welche die Ziffern auf dem Würfel erst sichtbar machen, können neben dem Würfelergebnis zusätzlich für Spielmechaniken oder Spielinformationen verwendet werden. Auch der eingebaute Bewegungssensor erweitert die Funktionalität des Dice+ und lässt vielfältige Interaktionsmöglichkeiten zu, die über das normale Würfeln hinaus gehen.

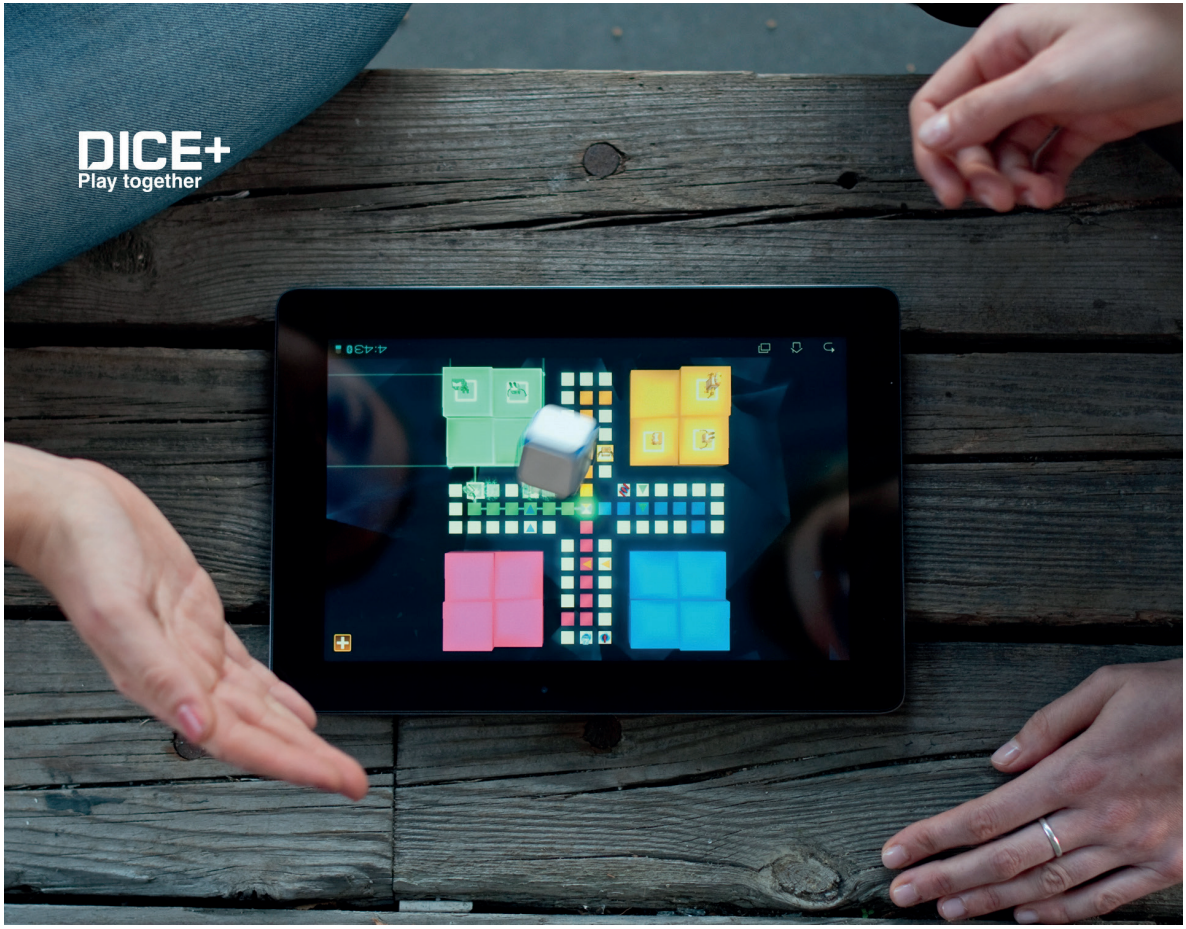

Abb. 2 Dice+ Controller (Quelle: www.dicepl.us)

2.3. EPawn Arena

Die französische Firma EPawn entwickelt aktuell die EPawn Arena [7] (Abb. 3) und arbeitet auf eine Kickstarter-Kampagne hin. Das Projekt besteht aus interaktiven Spielfiguren, die mittels Smartphone über eine Spielmatte bewegt werden können. Noch gibt es wenig Informationen zu diesem Projekt, es ist jedoch anzunehmen, dass die Positionsbestimmung der einzelnen Figuren über NFC realisiert wurde. Die Bewegung der Spielfiguren kann sowohl durch Fernsteuerung per Handy als auch durch einfaches Versetzen auf dem Spielfeld geschehen. Auch rein computergesteuerte Spielzüge sind möglich. Die EPawn Arena schafft also eine Brücke zwischen Brett- und Videospiel, indem sie Spielsteuerung per Controller und Computergegner auf einem physischen Spielbrett ermöglicht.

Dieses Spielsystem hat viel Potenzial für neue Konzepte, jedoch hat die benötigte Ausstattung einen relativ hohen Kostenfaktor. Neben der Matte werden je nach Spiel noch speziell angefertigte Figuren benötigt. Auch sind bei einzelnen Konzepten mehrere Smartphones vonnöten, um überhaupt spielen zu können.

Die autonome Bewegung der Spielfiguren ermöglicht das Spielen ohne realen Gegner und eröffnet auch viele Designmöglichkeiten für kooperative Spiele. Das System nimmt also die bisher nur in Videospielen realisierbare künstliche Intelligenz und verbindet sie mit dem klassischen Brettspielerlebnis.

Abb. 3 EPawn Arena mit Spielfiguren (Quelle: www.epawnarena.com)

2.4. Tiptoi

Tiptoi [8] ist ein „Stift“ von Ravensburger, der mittels einer Infrarotkamera auf Papier gedruckte Muster erkennen und darauf reagieren kann. Die Muster werden für das menschliche Auge nahezu unsichtbar auf die Spielpläne und verschiedene Spielmaterialien gedruckt und können durch Antippen mit dem Stift eingelesen werden. Der Stift hat einen eingebauten Lautsprecher, durch den er anschließend mit den Spielern kommunizieren und den Spielverlauf vorantreiben kann. Von Ravensburger wird diese Technologie bisher nur als Lernsystem für Kinder verwendet. Diese können beispielsweise durch Antippen von Grafiken Informationen über das Abgebildete erhalten oder spielerisch die englische Sprache lernen.

Im Rahmen der Recherche wurde das Spiel „Das versunkene Logik-Land“ [9] (Abb. 4) ausprobiert. Es ist für Kinder konzipiert worden und besteht hauptsächlich aus kleinen Logik- bzw. Mathematikaufgaben, die die Spieler/-innen lösen müssen, um zu gewinnen. Ein Spielzug besteht zunächst nur aus dem Antippen eines beliebigen Feldes auf dem Spielplan mit dem Tiptoi. Anschließend teilt einem der Stift mit, ob sich hinter diesem Feld eine Aufgabe verbirgt oder nicht. Im ersten Fall werden ebenfalls über Audiowiedergabe zusätzlich die Instruktionen für die Aufgabe ausgegeben. Die Lösung erfolgt stets mit dem Tiptoi, beispielsweise muss man mehrere Karten mit Zahlenwerten antippen, um diese zu addieren. Nach der Bewältigung von zehn verschiedenen Aufgaben ist das Spiel vorbei und der Sieger wird ermittelt.

Abb. 4 Spielkomponenten „Das versunkene Logikland“

Die bei Tiptoi verwendete Technologie bietet den großen Vorteil, dass sie sehr robust funktioniert und außer dem Stift keinerlei Technik benötigt. Neue Spiele können einfach zur Spielreihe hinzugefügt werden, indem die ensprechenden Daten für den Stift zum Herunterladen angeboten werden und das Spielmaterial bei der Herstellung mit digitalen Mustern bedruckt wird.

Da man dem Stift jedoch immer durch entsprechendes Antippen mitteilen muss, welche Spielaktion man gerne ausführen möchte, ist dieser im Spielverlauf sehr präsent und erkennt beispielsweise nicht automatisch, wenn sich etwas auf dem Spielfeld verändert. Auch da der Stift ähnlich wie bei SmartPLAY nur über Audio kommunizieren kann, wird das Spieltempo teilweise vorgegeben und Anweisungen können leicht überhört oder nicht verstanden werden.

2.5. Fazit

Die Brettspielbranche erlebt aktuell einen großen Umschwung hin zu immer techniklastigeren Spielen, was sicherlich auch mit der weiten Verbreitung von mobilen Endgeräten zu tun hat. Vor allem Ravensburger ist hier Vorreiter. Die Verknüpfung von Elektronik und analogem Spielmaterial in Gesellschaftsspielen bietet verschiedenste Vorteile, die nun erläutert werden.

Haptische Wahrnehmung

Videospiele sprechen sehr stark die visuelle und akustische Wahrnehmung an. Die Haptik, also das Ertasten und Erfühlen von Dingen, wird dabei wenig bis gar nicht behandelt, obwohl auch

hier sehr informationsreiche Sinneserfahrungen möglich sind. Durch physisches Spielmaterial wie Figuren oder Ressourcenmarker wird diese haptische Erfahrung wieder Teil des Spielerlebnisses.

Ein gutes Beispiel hierfür ist der Dice+, welcher in seiner Funktionalität sehr leicht virtuell simuliert werden könnte. Durch die in ihm verbaute Sensorik jedoch kann man ihn neben dem normalen Würfeln auch für eine Spielsteuerung durch Bewegung und Neigung verwenden.

Einfache Bedienbarkeit

Greifbare Bedienelemente haben die Eigenschaft, dass sie bestimmte Affordances, also einen Angebotscharakter besitzen, welcher sich durch die physische Beschaffenheit ergibt. Bei einem sechsseitigen Würfel ist beispielsweise durch seine geometrische Form eindeutig zu erkennen, dass maximal sechs verschiedene Würfelergebnisse möglich sind. Auch ist es intuitiv, die oben liegende Seite als Ergebnis anzuerkennen, da diese gut ersichtlich ist und sofort ins Auge sticht. Es wird somit alleine durch die Beschaffenheit des Bedienelements dessen Benutzung limitiert und die Nutzerfreundlichkeit der Anwendung erhöht.

Komplexitätssteigerung

Gerade im Familienspielbereich sind Spielmechanismen in ihrer Komplexität oft Grenzen gesetzt. Die Spiele sollen einerseits zugänglich für Menschen verschiedensten Alters sein und andererseits auch einen schnellen und unkomplizierten Einstieg bieten. Durch die Verwendung einer digitalen Komponente können aufwendige Berechnungen und verflochtene Regeln automatisiert abgearbeitet werden, um die Spieler gedanklich zu entlasten und die Einstiegshürde zu senken.

Ein Beispiel hierfür, wenn auch nicht für die Familie gedacht, ist das hybride Miniaturenspiel „Golem Arcana“ [10]. Mit einem dem Tiptoi ähnlichen Stift wird hier der Spielstatus an ein Tablet weitergeleitet, welches dann komplexe Berechnungen wie das Ermitteln der Trefferwahrscheinlichkeit und Stärke eines Angriffs übernimmt.

Dynamische Spielinhalte

Ein großer Vorteil von rein digitalen Spielen ist die Erweiter- und Wartbarkeit nach Veröffentlichung. Mittlerweile ist es gang und gäbe, dass erfolgreiche Spiele regelmäßig durch neue Inhalte bereichert werden, um das Spielerlebnis für die Käufer stets aufzufrischen und Langeweile zu verhindern. Bei analogen Brettspielen gibt es ebenfalls Erweiterungen, jedoch müssen diese seperat erworben und aufbewahrt werden. Außerdem ist für jede Erweiterung ein gewisser Umfang vonnöten, damit sich die Produktion und der Vertrieb finanziell lohnt.

Ein Brettspiel mit digitaler Komponente könnte diesen Vorteil von rein virtuellen Spielen übernehmen und beispielsweise einen Fragenkatalog für ein Quizspiel digital verwalten, damit dieser durch neue Fragen über das Internet aktualisiert werden kann.

Geführte Regelerklärung

Analoge Gesellschaftsspiele verfügen normalerweise über eine seperate Spieleanleitung, die vor der ersten Partie durchgelesen werden muss. Bei rein virtuellen Spielen entfällt diese Notwendigkeit, denn hier werden Regeln entweder durch Ausprobieren während des Spielens erlernt oder es gibt kontextabhängige Hilfestellungen. Man lernt hier also „häppchenweise“, was für eine flache und damit angenehme Lernkurve sorgt.

So gibt es beispielsweise beim SmartPLAY-Spiel Yes or Know [11] einen virtuellen Spielleiter, der die Teilnehmer/-innen anweist und eine Anleitung in schriftlicher Form überflüssig macht.

Dies sind alles Vorteile, die für eine Verzahnung von Analogem und Digitalem sprechen. Das Potenzial dieser positiven Eigenschaften lässt sich erahnen, jedoch steht die Entwicklung dahingehend noch am Anfang. Gerade die Verknüpfung von einem klassischen Spielbrett aus Karton oder Pappe und dem Screen eines Tablets bzw. Smartphones, wie es in dieser Arbeit der Fall ist, wurde zum Großteil noch nicht umgesetzt. Auch die Verwendung eines Magneten in einer Spielfigur zur Interaktion mit dem Gerät gibt es so noch nicht.

3. Verwandte Arbeiten

3.1. Tangibles mit Magneten

In dem Paper „Designing Tangible Magnetic Appcessories“ (Bianchi, Oakley 2013) [12] geht es um Tangibles (physische Bedienelemente) in Verbindung mit einem mobilen Endgerät. Anhand von acht konkreten Beispielen wird aufgezeigt, wie man Magneten zur Interaktion mit einem Tablet oder Smartphone nutzen kann (Abb. 5).

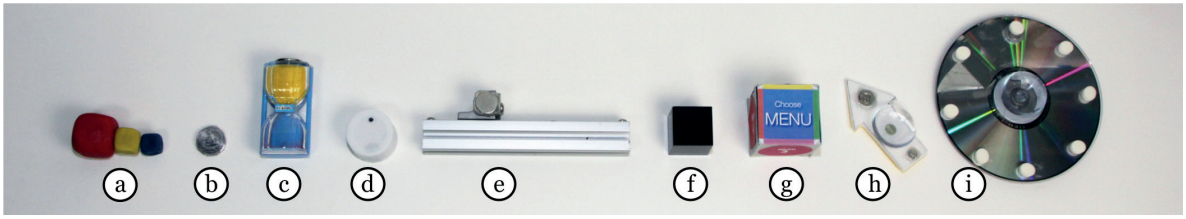

Abb. 5 Übersicht der Magnetic Appcessories (Quelle: vgl. Literaturverzeichnis Abs. 12)

So kann der entwickelte Prototyp zwischen verschieden starken Magneten unterscheiden (a), die Orientierung des Magnetfeldes erkennen (b, c, g, h, i), eine Positionsänderung des Magneten verwerten (f) sowie kontinuierliche Feldänderungen auslesen (d, e). Die dadurch entstandenen Interaktionsmöglichkeiten zeigen, wie vielseitig die Bedienung mittels Magneten sein kann.

Übertragen auf den Kontext der Gesellschaftsspiele kann man hier den sich eröffnenden Gestaltungsspielraum sehen. So wären verschiedene Spielfiguren mit unterschiedlichen Magnetstärken denkbar und auch ein in den Spielplan integriertes Steuerungselement wie ein Schieberegler ließe sich auf ein digitales Gerät übertragen.

3.2. Unterscheidung mehrerer Magneten

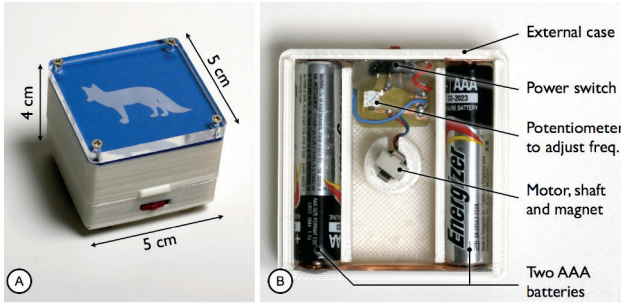

Abb. 6 Aufbau eines MagnID-Tokens (Quelle: vgl. Literaturverzeichnis Abs. 13)

Im Paper „MagnID: Tracking Multiple Magnetic Tokens“ (Bianchi, Oakly 2015) [13] wurden die Interaktionsmöglichkeiten mit rotierenden Permanentmagneten (Abb. 6) erforscht. Da sich Magnetfeldlinien von mehreren Magneten aufaddieren, ist ihre Unterscheidung im Sensor so gut wie unmöglich. Durch eine ständige Rotation kann jedoch ein oszillierendes Magnetfeld erzeugt

werden, dessen Frequenz unabhängig von anderen Magneten festgestellt werden kann. So wird die Unterscheidung von mehreren Tangibles mit unterschiedlichen Frequenzen möglich.

Die Interaktionsmöglichkeiten, die mit verschiedenen Prototypen demonstriert werden, ähneln denen einer einfachen Magnetfelderkennung. Nur die Orientierung der Feldlinien kann natürlich nicht verwendet werden, da sich diese durch die Rotation ständig ändert. Erweitert wird dies durch die Verwendung mehrerer Bedienelemente.

Diese Weiterentwicklung der einfachen Magneterkennung erlaubt bei Gesellschaftsspielen die Verwendung mehrerer Spielfiguren gleichzeitig, was ein großer Vorteil ist. Auch die Orientierung der Figuren auf dem Spielfeld ist für die Interaktion irrelevant. Als Nachteil ist festzuhalten, dass für diese Technologie Komponenten mit elektrischen Bauelementen und einer Stromversorgung benötigt werden.

4. Konzeption

Ausgehend von einem bereits bestehenden Prototypen zur Positionsbestimmung eines Magneten durch ein Magnetometer wurden die Möglichkeiten analysiert, die ein mobiles Endgerät zusammen mit einem Magneten für ein Brettspiel bietet. Der Anspruch war es, ein schlüssiges Konzept zu entwickeln, das die Vorteile einer digitalen Komponente nutzt und diese sinnvoll mit haptischen Elementen verknüpft.

4.1. Magneterkennung

Herkömmliche Smartphones und Tablets haben meist ein Magnetometer verbaut. Dieser Sensor erlaubt es ihnen, die Richtung und Stärke des Erdmagnetfeldes zu bestimmen und diese Daten in Verbindung mit anderen Sensoren zur Berechnung der örtlichen Lage zu verwenden. Selbstverständlich ist dieser Sensor aber nicht nur auf das Erdmagnetfeld beschränkt, sondern wird durch jegliche magnetische Feldlinien, welche sich in Reichweite befinden, beeinflusst.
Durch eine von Dr. Michael Schackert (Xitaso GmbH) entwickelte Technologie ist es möglich, ausgehend von der zum Sensor relativen Position und Ausrichtung des Magneten den erwarteten Magnetfeld-Wert im Sensor zu errechnen [14] (Abb. 7). Dieser Wert kann anschließend verwendet werden, um zu überprüfen, ob der Magnet sich aktuell an einer vordefinierten Position befindet.

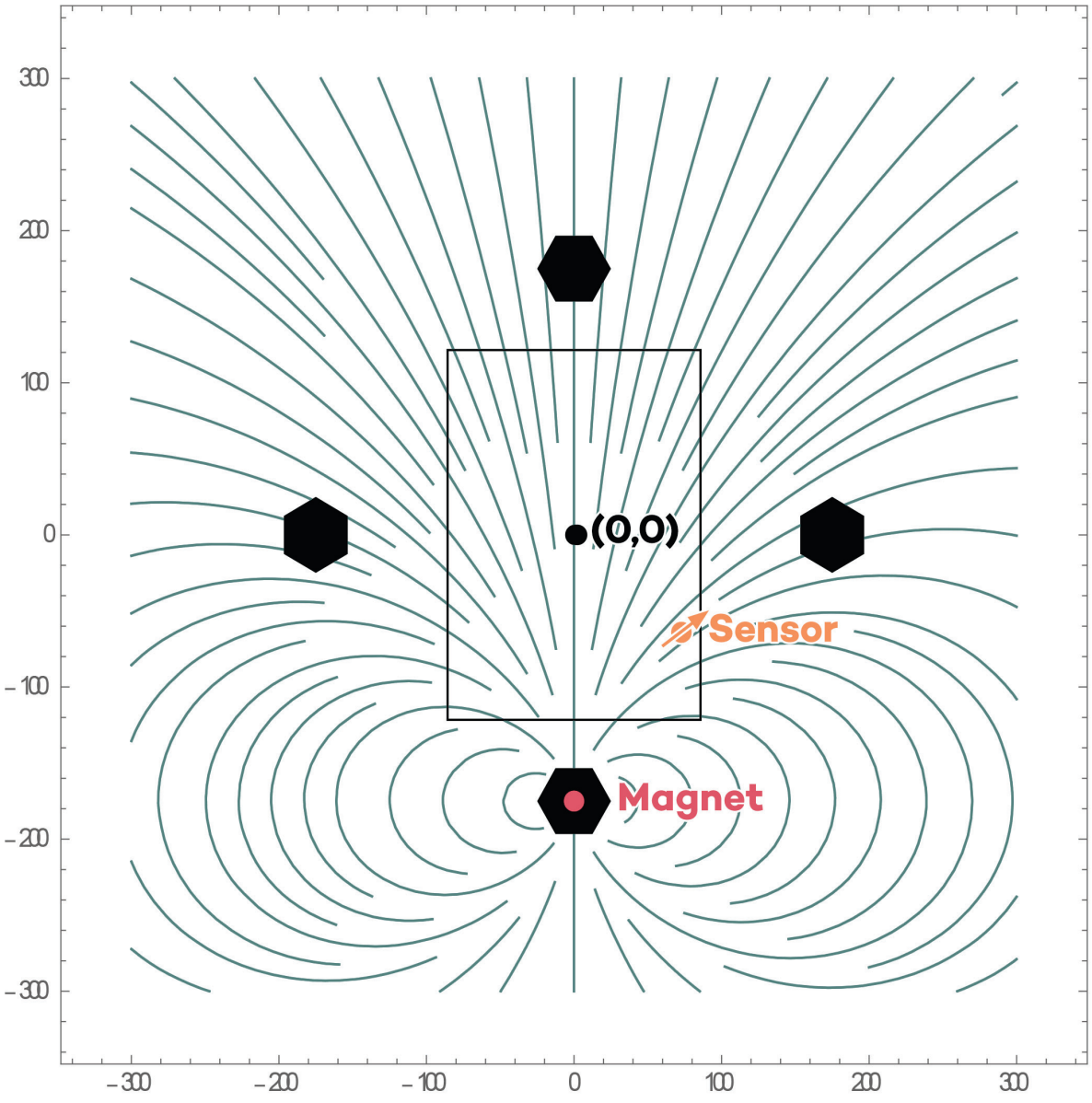

Abb. 7 Feldlinien eines Magneten erzeugen Werte im Magnetsensor (Quelle: Xitaso GmbH)

In einem ersten Prototypen für das Betriebssystem iOS, der von Christian Höfle (Xitaso GmbH) entwickelt wurde, ist es so bereits möglich eine Holzfigur mit integriertem Magneten auf vordefinierte Felder rund um ein iPhone zu stellen, sodass dieses durch die Werte des Magnetometers bestimmen kann, ob und auf welchem Feld sich die Figur gerade befindet.

Durch diese Technologie kann also die zweidimensionale Position eines Permanentmagneten durch ein mobiles Endgerät bestimmt werden. Die vordefinierten Felder sollten ausreichend Abstand zueinander haben, um Ungenauigkeiten des Sensors ausgleichen zu können. Beachtet man dies jedoch, so eignet sich die Technologie für eine Integration in ein hybrides Brettspiel, da damit haptische Elemente samt Spielplan mit einem digitalen Gerät verbunden werden können.

4.2. Magnet als Spielelement

In der Konzeptphase galt es, verschiedene Möglichkeiten zu betrachten, wie man die Magneterkennung in ein Spielkonzept integrieren könnte. Hierbei mussten Gegebenheiten wie die Tatsache, dass nur ein Magnet und nicht mehrere gleichzeitig erkannt werden können oder dass die Ausrichtung des Magneten entscheidend für die Positionserkennung ist, miteinbezogen werden.

4.2.1. Spielfigur

Die wohl offensichtlichste Idee war es, den Magneten als Spielfigur zu verwenden, mit der man sich auf einem Spielplan auf verschiedene Spielfelder bewegen kann. Dieses Versetzen kann ganz unabhängig vom Mobilgerät geschehen, z. B. durch die Verwendung eines normalen Würfels. Das Gerät kann anschließend - ohne seperat bedient zu werden - auf die Positionsänderung reagieren.

Da aus technischen Gründen nur ein Magnet vorhanden sein darf, beschränkt sich diese Einsatzmöglichkeit auch auf eine Spielfigur, die von allen Teilnehmern gemeinsam bzw. nacheinander benutzt werden muss. Auch müssen Figur und Feld so geformt sein, dass eine eindeutige Ausrichtung des Magneten möglich ist. Bei einer kreisrunden Form beispielsweise ist nicht ersichtlich, in welche Richtung der Magnet im Inneren zeigt.

Eine konkrete Spielidee hierzu wäre ein Quizspiel ähnlich dem Klassiker „Trivial Pursuit“ [15]. Die Spieler/-innen bewegen nacheinander die Figur auf ein freies, erreichbares Feld, welches anschließend die Kategorie für die Frage festlegt. Die Quizfrage wird danach auf dem Gerät ausgegeben, was den Vorteil hat, dass man den Fragenkatalog durch eine Softwareaktualisierung sehr leicht anpassen oder erweitern kann.

4.2.2. Physisches Steuerungselement

Eine weitere Überlegung war es, den Magneten als physisches Steuerungselement zu benutzen. Sinnvoll wäre hier eine direkte Integration in den Spielplan, da entweder Ausrichtung oder Position des Magneten während der Eingabe konstant sein müssen. Bei konstanter Ausrichtung kann ein Schieberegler realisiert werden, bei konstanter Position ein Drehregler (Abb. 8).

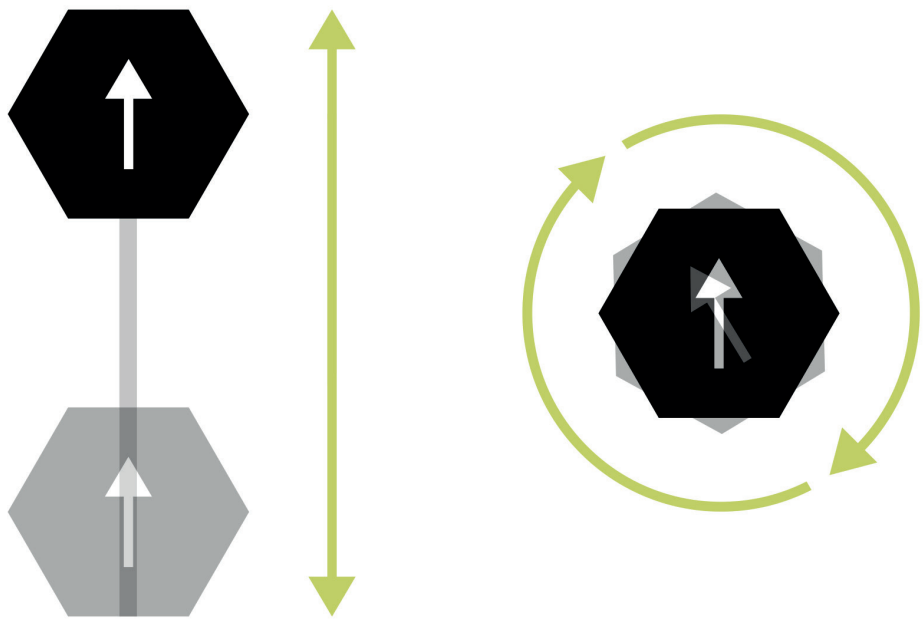

Abb. 8 Veranschaulichung Schiebe- und Drehregler mit Magnet

Eine denkbare Verwendung hierbei wäre sicherlich die Steuerung einer virtuellen Figur, die beispielsweise durch Drehen des Magneten ihre Laufrichtung ändert. Hier ist jedoch die Gefahr groß, dass ein Konzept dazu letztendlich in einer Minispielsammlung endet, die mit einem Brettspiel nur wenig zu tun hat oder aufgesetzt wirkt.

Interessanter ist hier die Tatsache, dass das Steuerungselement durch einen Sichtschutz vor anderen Spielerinnen und Spielern verborgen werden könnte. Dies bietet Gestaltungsspielraum für z. B. einen Auktionsmechanismus, bei dem die Spieler verdeckt nacheinander Gebote abgeben. Auch eine gesonderte Position eines Spielleiters/einer Spielleiterin wäre denkbar, welche/r durch den Magneten den Spielverlauf beeinflussen kann, ohne die Partizipanten in Kenntnis zu setzen.

4.2.3. Verdeckter Positionsmarker

Ähnlich zur Verwendung als Spielfigur war es hier die Idee mehrere, nicht unterscheidbare Figuren im Spiel zu haben, von denen jedoch nur eine einen Magneten integriert hat. Somit weiß (zumindest zu Beginn des Spiels) nur das Gerät in der Mitte des Spielplans, an welcher Position die magnetische Figur steht. Damit kann eine Art Deduktionsspiel umgesetzt werden, bei dem das mobile Gerät durch sein Mehrwissen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Tipps zur Position des Magneten geben kann.

Ein Problem ist hierbei, dass das Tablet für die Magneterkennung stets in der Mitte des Spielplans liegen muss und somit Informationen, die es preisgibt, immer für alle Spieler sichtbar sind. Bei einem kooperativen Spiel wäre dies allerdings wenig störend.

4.3. Angelspiel Laguna

Die konkrete Idee, die aus den vorangegangenen Überlegungen entstand und als Prototyp umgesetzt werden sollte, war die eines Angelspiels. Die Spieler/-innen benutzen reihum den Magneten als Angel, mit der sie aus einem Fischteich (dem Tablet-Display) verschiedene Fische angeln können, um Punkte zu ergattern. Ein Spielzug besteht aus drei verschiedenen Aktionen.

Abb. 9 Spielplan mit Tablet

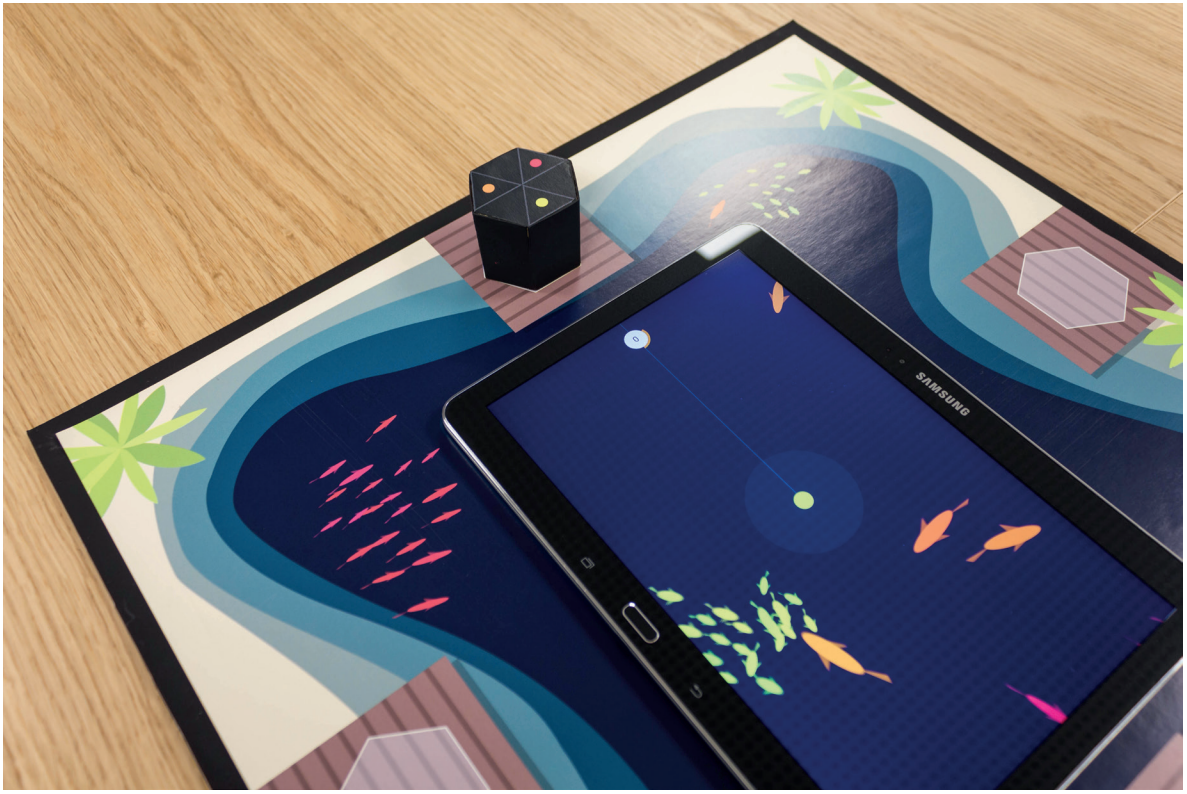

Abb. 10 Köderauswahl durch Angel-Orientierung

Aktion 1: Köder auswählen (Abb. 10)

Bevor der man mit dem Angeln beginnt, muss man sich für eine Köderfarbe entscheiden. Mit dem gewählten Köder können nur Fische gleicher Farbe gefangen werden. Die Auswahl erfolgt lediglich durch die Orientierung der Figur, wobei die zum Fischteich zeigende Seite den Köder festlegt. Während eines Spielzuges kann diese Orientierung auch mehrmals geändert werden.

Da die Richtung des Magnetfeldes ausschlaggebend für die korrekte Positionsbestimmung ist, bot es sich an, diese für eine Interaktion zu nutzen. Auf jedes Spielfeld kann die Figur in drei unterschiedlichen Ausrichtungen gestellt werden. Alle drei Winkel führen zum Auswurf des Köders, jedoch ändert sich die Farbe je nach Orientierung. Die durch die Technologie entstandene Einschränkung wurde so Teil des Bedienkonzepts.

Abb. 11 Köder einholen durch entfernen der Angel vom Spielfeld

Aktion 2: Angel auswerfen und einholen (Abb. 11)

Jeder Spielerin und jedem Spieler wird vor Beginn eines der vier Spielfelder zugewiesen. Ist man an der Reihe, muss man lediglich die Magnetfigur auf dieses Feld stellen, um mit dem Angeln zu beginnen. In den nun ablaufenden 30 Sekunden gilt es möglichst viele Fische zu fangen. Der Köder bleibt so lange im Wasser, bis die Figur wieder von ihrem Feld „weggezogen" und die Angel damit eingeholt wird. Hat man während des Einholens einen Fisch „am Haken", so fängt man diesen und bekommt die Punkte gutgeschrieben. Anschließend kann die Angel erneut ausgeworfen werden, sofern das Zeitlimit noch nicht erreicht ist.

Die Bedienung durch die Holzfigur besitzt demnach ein Echtzeitelement, bei dem es auf die Reaktionsfähigkeit der Spieler ankommt. Das Bewegen der Figur ist angelehnt an die reale „Einhol-Bewegung", also das Ziehen der Angelrute. Das dadurch gewonnene haptische Erlebnis fördert so die Thematik des Spiels.

Abb. 12 Fische verscheuchen durch Tippen auf Screen

Aktion 3: Fische scheuchen (Abb. 12)

Neben der Steuerung durch die Angel kann man zudem per Multi-Touch Einfluss auf die Fische nehmen. Diese folgen grundsätzlich dem Schwarmalgorithmus und bekommen zufällige Zielpunkte zugewiesen, zu denen sie schwimmen. Durch eine Berührung des Screens können Kräuselungen auf der Wasseroberfläche erzeugt werden, vor denen die Fische fliehen. Diese Mechanik kann man zu seinem Vorteil nutzen, indem man versucht den gewünschten Fisch zum Köder zu scheuchen.

Diese Interaktion wurde Teil des Konzepts, da Multi-Touch-Funktionalität bei einem mobilen Gerät mittlerweile von dem/der Nutzer/-in als selbstverständlich angesehen wird. Außerdem muss man so nicht tatenlos auf das Anbeißen eines Fisches warten, sondern kann aktiv dazu beitragen, mehr Punkte zu erhalten.

Diese Spielzüge werden von den teilnehmenden Personen dreimal reihum ausgeführt. Danach gewinnt die-/derjenige mit den meisten Punkten. Hierbei ist nicht nur die Anzahl der gefangenen Fische, sondern auch die Art ausschlaggebend, da es verschieden viele Punkte für unterschiedliche Fischarten gibt.

5. Umsetzung

Es wurde ein Prototyp erstellt, um die Umsetzbarkeit der Interaktion zu überprüfen und das Spielprinzip potenziell interessierten Firmen vorstellen zu können. Er umfasst einen Spielplan, die Eingabemöglichkeiten per Multi-Touch und Magnet sowie eine Visualisierung der Fische.

5.1. Überblick

Der Prototyp wurde als Android-App umgesetzt. Dafür bot sich die Java-Bibliothek Processing an, die für schnelles Prototyping und generative Visualisierungen aller Art geeignet ist.

5.1.1. Processing

Processing [16] ist eine Java-Bibliothek, welche auch für JavaScript und Python umgesetzt wurde. Sie existiert seit 2001 und wird seitdem optimiert und weiterentwickelt. In ihren Anfängen wurde sie zum Erlernen von Programmierung konzipiert, mittlerweile hat sie sich jedoch zu einem professionell genutzten Werkzeug für generative Gestaltung und Prototyping entwickelt.

Processing hat den großen Vorteil, dass mit nur sehr wenig Code ein sichbares Ergebnis auf dem Bildschirm produziert werden kann. Auch auf einem Android-Gerät ist das möglich, da sich Processing sehr leicht in ein entsprechendes Projekt einbinden lässt. Durch die Verwendung der Bibliothek Ketai [17] ist zudem der Zugriff auf die Hardware-Sensorik eines mobilen Endgerätes sehr schnell möglich.

5.1.2. Softwarearchitektur

Zum allgemeinen Überblick über den Aufbau des Prototyps wurde ein stark vereinfachte Klassenübersicht erstellt (Abb. 13). Die Funktionen der wichtigsten Klassen werden hier kurz erläutert.

FishPondGame

Erweitert die Processing-Klasse PApplet und ist für Initiierung des Spiels und grundlegende Spiellogik verantwortlich.

MagnetManager

Ist für die Auswertung und Berechnung der Magnetfeldlinien zuständig.

Ripple

Wird erstellt, sobald man auf den Touch-Screen des Tablets tippt. Stellt eine Kräuselung auf der Wasseroberfläche dar, vor der die Fische fliehen.

Rod

Ist für das Auswerfen und Einholen des Köders verantwortlich. Wird an aktuellen Spieler gebunden.

Player

Repräsentiert einen Spieler. Kann es bis zu vier Mal geben.

Fish

Repräsentiert einen Fisch. Bestimmt Schwimmverhalten durch verschiedene Umgebungsfaktoren. Unterklassen stellen entsprechende Fischarten dar.

Swarm

Stellt einen Zusammenschluss mehrerer Fische dar. Fische bleiben zusammen und haben eine gemeinsame Schwimmrichtung.

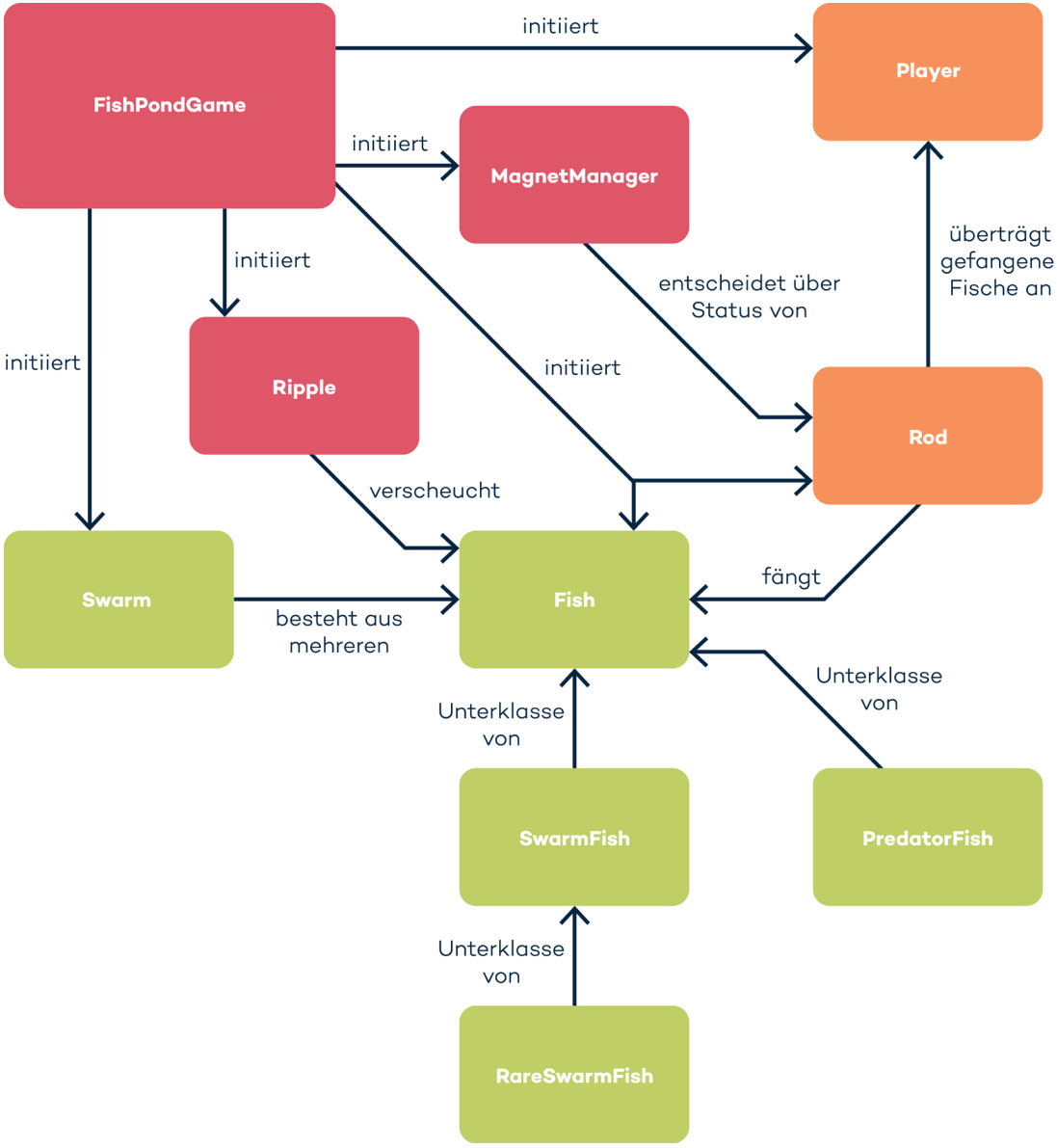

Abb. 13 Stark vereinfachte Klassenübersicht

5.2. Fische

Die Fische bilden das zentrale Spielelement, denn sie muss man angeln um das Spiel zu gewinnen. Sie haben ein simuliertes Schwimmverhalten, dass sie im Schwarm oder als Einzelfisch durchs Wasser gleiten lässt (Abb. 14). Wenn sie nahe genug an den Köder heranschwimmen beißen sie an und geben je nach Fischart und Größe verschieden viele Punkte.

Abb. 14 Verschiedene Fischarten

5.2.1. Darstellung

Mit Processing lassen sich sehr einfach geometrische Formen erzeugen. Diese werden schneller berechnet als beispielsweise Pixelgrafiken und sind daher sehr performant. Aus diesen Gründen und weil es den Rahmen des Prototypen gesprengt hätte wurde auf eine aufwendige Grafik verzichtet. Stattdessen wurden die Fische stilisiert als Ellipse mit mehreren Dreiecken dargestellt.

Sie sind dennoch eindeutig als Fische zu erkennen, was sicherlich auch mit ihrer Bewegungsanimation zusammenhängt. Diese wird zur Laufzeit berechnet und ist abhängig von der momentanen Schwimmgeschwindigkeit. Für die Animationsdarstellung wird ein Winkel verwendet, der stetig inkrementiert wird. Durch eine Sinusfunktion erhält man mit diesem Winkel so einen oszillierenden Wert zwischen -1 und 1, der für die Hin- und Herbewegung der Flossen verantwortlich ist (Abb. 15, 16). [18]

```
rotiereFisch(schwimmRichtung+sin(winkel));
zeichneKörper(x,y,breite,höhe);
zeichneBrustflosse(punkt1,punkt2,punkt3+sin(winkel));
zeichneBrustflosse(punkt4,punkt5,punkt6-sin(winkel));
zeichneSchwanz(punkt7,punkt8+sin(winkel),punkt9+sin(winkel));
```

Abb. 15 Pseudocode: Zeichnen eines Fisches

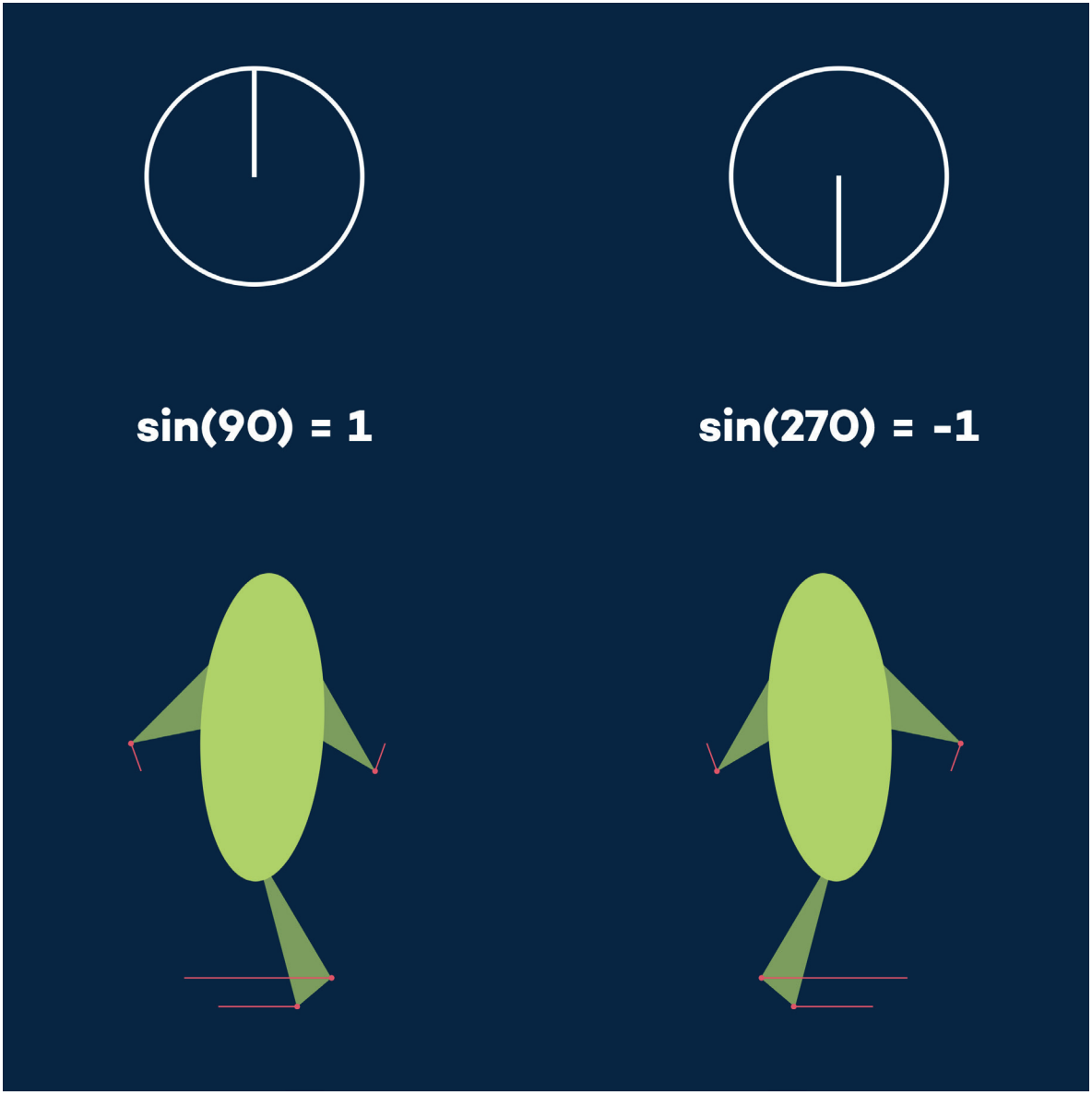

Abb. 16 Veranschaulichung Animation mit Sinus-Funktion

5.2.2. Schwarmverhalten

Ein typisches Schwimmverhalten vor allem für kleinere Fische ist das Zusammenschließen zu einem Schwarm. Dieses lässt sich durch von Craig Reynolds festgelegte Regeln simulieren, welche im Buch „The Nature of Code“ von Daniel Shiffman ausführlich erklärt und anhand von konkreten Processing-Beispielen beschrieben werden. [19] Hierbei ist jeder Fisch ein Objekt, dass durch Kräfte in seiner Bewegung beeinflusst werden kann. Diese Kräfte werden in Form von Vektoren angegeben, die letztendlich zu einer einzigen Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit aufsummiert werden. Um damit ein Schwarmverhalten zu erzeugen, müssen auf jeden Fisch drei bestimmte Kräfte in Abhängigkeit von dessen Nachbarfischen ausgeübt werden.

Separation (Abb. 17)

Für den Schwarm wird eine feste Distanz der Fische zueinander festgelegt. Wenn ein Fisch Nachbarn hat, die eine zu kurze Entfernung aufweisen, so wird auf ihn eine Kraft entgegengesetzt zur Nachbarposition angewandt. Der Fisch bewegt sich also von zu nahen Schwarmmitgliedern weg. Je kürzer die Distanz umso stärker die Kraft.

Diese Kraft wirkt der Kohäsion entgegen und verhindert, dass sich der Schwarm mit allen Mitgliedern zu einem einzigen Punkt zusammenzieht.

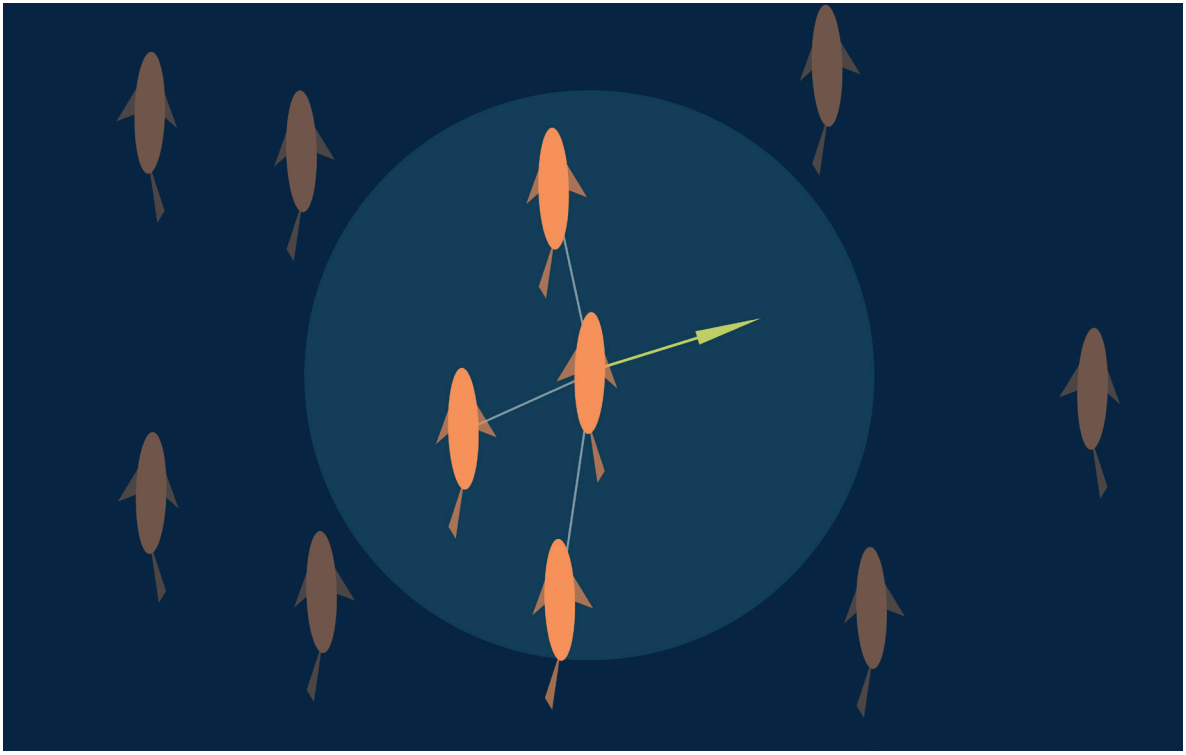

Abb. 17 Veranschaulichung Separation

Kohäsion (Abb. 18)

Es wird die Durchschnittsposition - also die Mitte - aller Nachbarn eines Fisches berechnet. Anschließend wird eine Kraft in Richtung dieses Punktes ausgeübt.

Die Kohäsion sorgt dafür, dass alle Schwarmmitglieder zusammen bleiben und eine kompakte Gruppe bilden. Für Laguna wurde diese Kraft nicht nur aus den direkten Nachbarn eines Fisches berechnet, sondern aus allen Mitgliedern des Schwarms. So wird sichergestellt, dass auch ein weit vom Schwarm entfernter Fisch immer wieder dorthin zurückfinden kann.

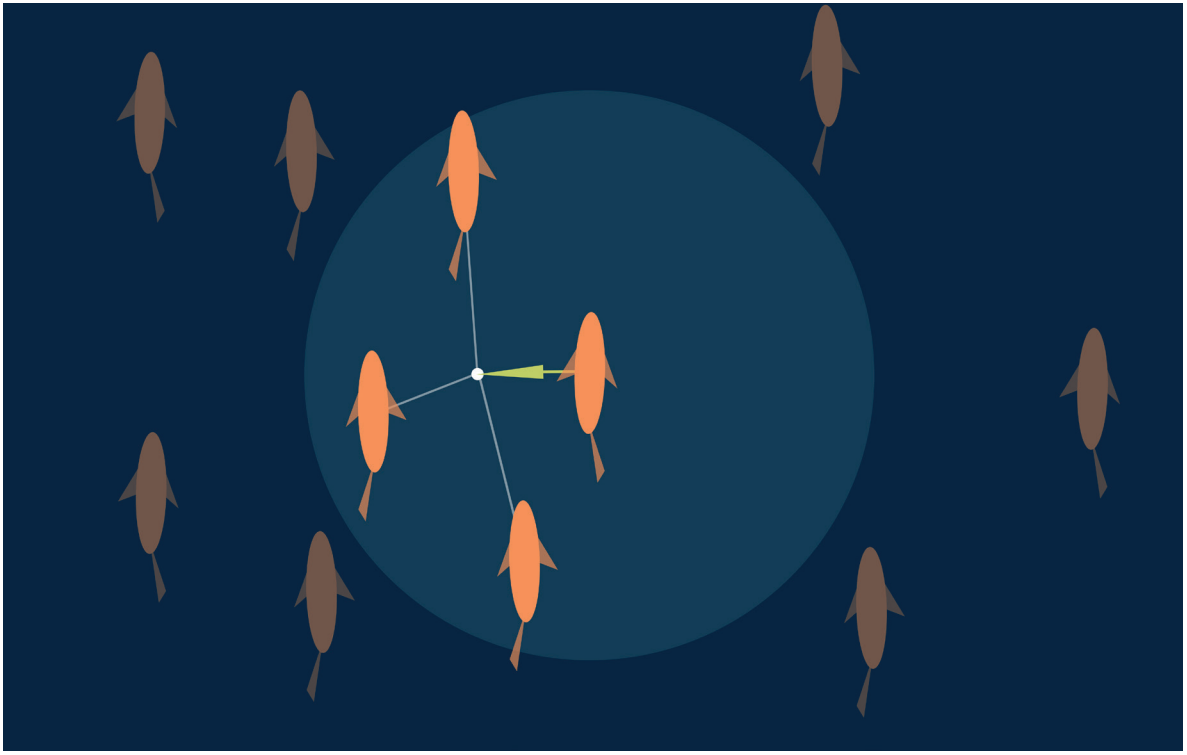

Abb. 18 Veranschaulichung Kohäsion

Richtungsangleichung (Abb. 19)

Um flüssige Schwarmbewegungen zu erhalten, wird zusätzlich die durchschnittliche Bewegungsrichtung aller Nachbarfische berechnet. Die daraus reslutierende Kraft sorgt dafür, dass alle Fische in dieselbe Richtung schwimmen und verhindert ruckartige Bewegungen und unkontrollierte Drehungen.

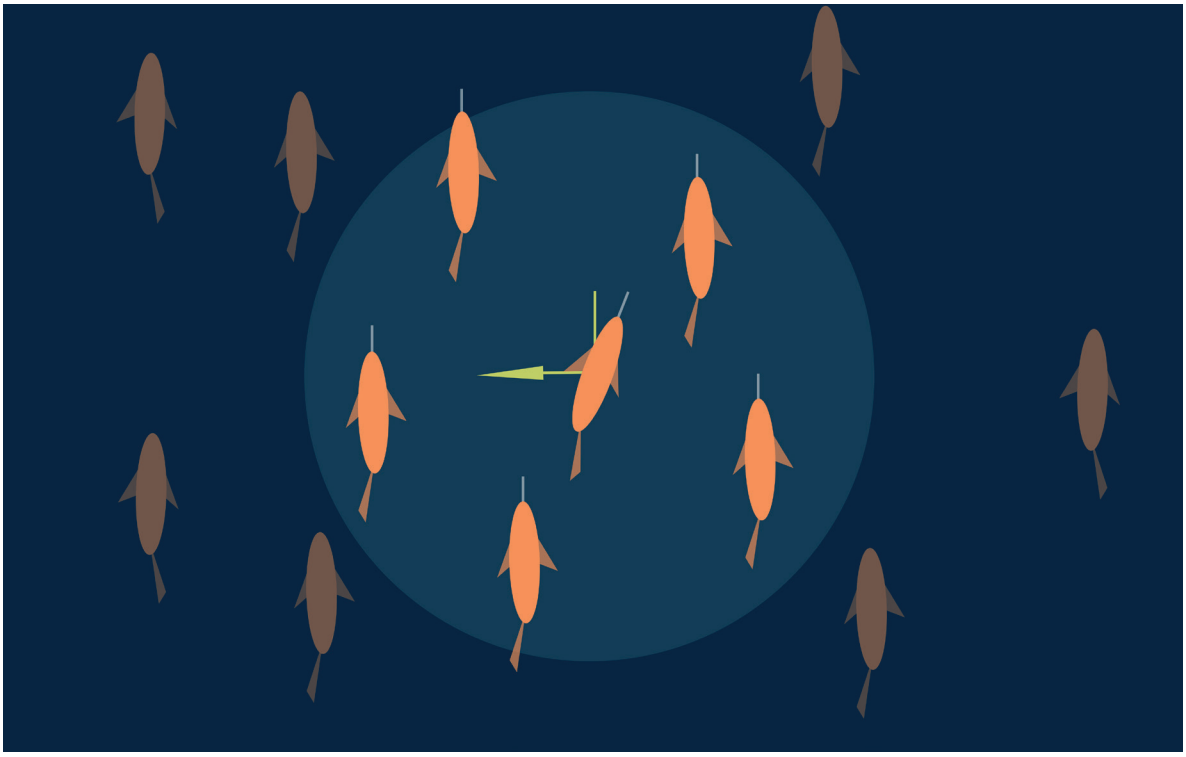

Abb. 19 Veranschaulichung Richtungsangleichung

Die Kräfte können durch Multiplikation unterschiedlich skaliert oder durch andere Vektoren ergänzt werden, um das Verhalten der Fische weiter zu beeinflussen. So hat im entwickelten Prototypen jeder Schwarm ein zufällig gewähltes Ortsziel, welches neben den Schwarmregeln ebenfalls Einfluss auf die Bewegung der Fische hat und die gesamte Gruppe in Bewegung hält.

5.2.3. Beeinflussung durch Multi-Touch

Über Multi-Touch ist es möglich, Kräuselungen auf der Wasseroberfläche zu erzeugen. Diese üben eine starke abstoßende Kraft auf in der Nähe befindliche Fische aus, welche sich daraufhin schnell von der Kräuselung entfernen. Sie ist für 4,5 Sekunden aktiv, danach beeinflusst sie die Fische nicht mehr.

Bei der Entstehung der Kräuselung wird zudem ein Nervositäts-Faktor um den Wert 10 erhöht. Dieser Faktor gilt global für alle Fische und führt bei diesen zu einer leicht erhöhten Geschwindigkeit sowie zu einer schnelleren Bewegungsanimation, um das Schwimmverhalten nach dem Aufscheuchen realistischer wirken zu lassen. Die Nervosität kann maximal bei 50 liegen und baut sich in jedem Frame um 0,2 ab.

Diese Interaktion führt dazu, dass Spieler/-innen während eines Zuges nicht nur auf anbeißende Fische warten müssen, sondern aktiv etwas zu ihrem Erfolg beitragen können. In einer frühen Version des Prototypen hinderte eine zu hohe Nervosität die Fische am Anbeißen, um dadurch zu häufiges Tippen auf den Bildschirm bestrafen. Diese Tatsache wurde jedoch von Testpersonen nicht mit der Nervosität in Verbindung gebracht und als Fehler wahrgenommen, daher wirkt sich der Faktor nun lediglich auf die Schwimmbewegungen aus.

5.3. Angel

Die Angelkomponente ist eine sechseckige Holzfigur mit eingebautem Magneten. Man kann sie auf sein Feld stellen um die Angelschnur innerhalb der Anwendung auszuwerfen. Es gibt drei verschiedene Ausrichtungen und je nach Ausrichtung wird eine bestimmte Köderart ausgeworfen. Mit dem Köder kann man nur die Fische mit korrespondierender Farbe fangen.

Abb. 20 Angel-Holzfigur mit drei verschiedenen Ködern

5.3.1. Spielfelder für Angel

Um die Werte des Magnetometers sinnvoll auswerten zu können, wurden zunächst vier Spielfelder definiert. An jeder Kante des Tablets befindet sich ein Feld auf dem der jeweilige Spieler seine Angel positionieren kann, wenn er an der Reihe ist. Das Feld besitzt intern eine relative Position zum Spielplanmittelpunkt und drei mögliche Ausrichtungen des Magneten.

Bei der Spielerauswahl am Anfang des Spiels wird festgelegt, welche Person welches Spielfeld zugewiesen bekommt. Ist ein Spieler nun an der Reihe, wird auf die Daten des jeweiligen Spielfelds zugegriffen, um die Überprüfung der Sensorwerte durchzuführen.

5.3.2. Auswertung der Magnetfeldlinien

Zur eindeutigen Bestimmung der Feldlinien des Magneten muss zunächst das Erdmagnetfeld ausgelesen werden. Hierzu werden die Sensorwerte des Magnetometers in Abwesenheit der Spielfigur abgespeichert. Von zukünftigen Messungen werden diese „Grundwerte“ anschließend stets abgezogen, damit man mit den isolierten Feldlinien der Spielfigur arbeiten kann. Diese einfache Kalibrierung funktioniert nur bei gleichbleibender Position des Tablets, was bei Laguna jedoch der Fall ist.

Die erhaltenen Werte schwanken leicht, was sich mit steigender Entfernung zwischen Magnet und Sensor noch verstärkt. Aus diesem Grund wird für die Überprüfung stets der Durchschnittswert der letzten fünf Messungen verwendet. Hierdurch wird die Positionserkennung der Spielfigur robuster, jedoch auch etwas langsamer.

Wenn der Magnet zu nahe an den Sensor kommt und somit die Feldlinien zu stark werden, scheint sich der Nullpunkt im Magnetometer leicht zu verschieben, was zu falschen Messwerten führt. Dieser Fehler scheint hardwarebedingt zu sein und lässt sich programmiertechnisch nicht beheben. Auch eine automatische Erkennung des Fehlers und eine damit verbundene Neukalibrierung ist nicht möglich, da für diese kein Magnet im Umfeld des Tablets sein darf. Die Kalibrierung muss also immer manuell geschehen.

Sobald das Spiel begonnen hat werden über den aktuellen Spieler und dessen Spielfeld die Referenzwerte ermittelt, auf die abgeprüft werden muss. Pro Feld ergeben sich so drei unterschiedliche Werte, die zum Auswerfen der Angel führen. Die Berechnung erfolgt durch die von Dr. Michael Schackert (Xitaso GmbH) entwickelte Formel (Abb. 21), die aus einer zum Sensor relativen Magnetposition und dessen Ausrichtung den Wert im Sensor feststellen kann.

$$\phi_{B_S} = \tan^{-1}\left(\frac{3\left(\hat{R}\cdot\hat{M}\right)\hat{R}_y - \hat{M}_y}{3\left(\hat{R}\cdot\hat{M}\right)\hat{R}_x - \hat{M}_x}\right)$$

$\hat{M}$ = Richtungsvektor des Magnetfeldes

$\hat{R}$ = Verbindungsvektor von Magnet und Sensor

ϕ_{B_S} = Winkel im Sensor

Abb. 21 Formel zur Berechnung des erwarteten Sensorwertes (Quelle: Xitaso GmbH)

Um die Erkennung robuster zu gestalten gibt es zudem einen Toleranzbereich, der leichte Wertabweichungen zulässt. Bei der Implementierung der Formel werden also die drei Richtwerte eines Spielfelds berechnet, die für die drei unterschiedlichen Köder stehen. Anschließend werden diese unter Beachtung der Toleranz mit dem aktuellen Sensorwert abgeglichen (Abb. 22).

```
wenn sensorWert +- toleranz == richtwert1 {
   köderfarbe = grün;
}
wenn sensorWert +- toleranz == richtwert2 {
   köderfarbe = orange;
}
wenn sensorWert +- toleranz == richtwert3 {
   köderfarbe = rot;
}
ansonsten {
   köderInPosition = falsch;
}
```

Abb. 22 Pseudocode: Überprüfung der Angelposition

6. Nutzertests

Teil der Arbeit war es auch, Testreihen mit dem Prototyp durchzuführen, um Schwachstellen zu erkennen und Verbesserungen durchzuführen. Auch sollten in diesem Zuge Marketing-Informationen wie die potenzielle Zielgruppe erarbeitet werden.

6.1. Rahmenbedingungen

Es gab zwei Testreihen mit einem jeweils unterschiedlichen Stand des Prototypen, jedoch ansonsten nahezu gleichem Ablauf. Die elf Testpersonen wurden in Paare bzw. Gruppen aufgeteilt, die anschließend das Spiel seperat von den anderen Teilnehmer/-innen testeten. Begonnen wurde mit der Aufnahme allgemeiner Personendaten sowie den Erfahrungen mit Video- und Gesellschaftsspielen. Daraufhin war es den Spielern mit einer reduzierten Version des Prototypen möglich, die Interaktion mit Touch und Magnet auszuprobieren, ohne sich mit den Fischen beschäftigen zu müssen. Hierbei wurde nur erwähnt, dass es sich um ein Angelspiel handelt und die Holzfigur eine Angel darstellt. Im folgenden, regulären Spiel sollten die Testpersonen nun versuchen, mit den erlernten Interaktionen möglichst viele Punkte beim Angeln zu erhalten. Auch hier gab es so gut wie keine Hilfestellung, einzig beim zeitweise auftretenden Sensorproblem wurde eingegriffen und das Gerät neu kalibiriert.

Anschließend konnten die Testpersonen den Prototypen weiter ausprobieren und beantworteten offen gehaltene Fragen zur Spielerfahrung. Die Interaktionsdauer pro Test belief sich auf 15 - 20 Minuten.

6.2. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Testergebnisse tabellarisch aufgeführt. Die Antworten zu jeder Frage wurden ausgewertet und zu einem allgemeinen Ergebnis zusammengefasst.

Erste Testreihe (Abb. 23)

Umfeld: Arbeitskollegen

6 Personen (4 männl., 2 weibl.) - 3 Testpaare

Durchschnittsalter:	33 Jahre
Tablet-/Handy-Nutzung:	mehrmals täglich
Spielen von Brettspielen:	eher selten
Spielen von Videospielen:	eher selten

Sound:	nein
Köderauswahl:	vor Spielzug über Touch
Nervosität:	baut sich langsam ab, beeinflusst Anbeißverhalten
Punktezahl der Fische:	Variierend in bestimmtem Zahlenbereich pro Fischart
Spielfeld:	einfach, nur Felder abgebildet
Angelmechanismus:	häufige Fehler

Frage	Ergebnis
Wie gut hat die Spielauswahl funktioniert?	Sehr gut / Nicht klar, wann eigentliches Spiel beginnt / Irrtum, dass Angel bereits bei der Auswahl platziert werden muss
Wie gut hat das Angeln geklappt?	Nicht gut / Mittelmäßig / Verständnisprobleme bei Interaktion / Zeitpunkt des Anbeißens nicht klar / Kippen der Angel hat nicht funktioniert / Angel sieht nicht nach Angel aus
Was hältst du von der Erweiterung eines digitalen Spiels durch einen haptischen Gegenstand?	Witzig / Für Kinder interessant / Neue Möglichkeiten / Keine langweiligen Touch-Gesten / Soziale Komponente / Kann man schlecht unterwegs spielen
Was glaubst du hat das Tippen auf den Screen bewirkt?	Fische erschrecken, verscheuchen / Assoziation mit Stein ins Wasser werfen / Führen der Fische / Fische werden schneller / Fische werden ängstlich
Hast du verstanden, wie das Spiel funktioniert?	Nein / Irrtum, dass Fische durch Touch gefangen werden müssen / Anbeißen war unverständlich / Punktezahl der Fische nicht klar / Wegziehen der Angel war nicht ersichtlich
Hast du eine Strategie verfolgt, um zu gewinnen?	Nein, alles ausprobiert / Erst nur abgewartet, dann mit Touch beeinflusst / Nur grüne Fische gefangen
Wie gefällt dir die grafische Umsetzung des Teichs?	Spitze / Süß / Putzig / Simpel / Schön / Schick / Tippen sieht gut aus / Mit mehr Animationen und Details wäre es noch besser / Abstakt / Minimalistisch
Wie realistisch findest du das Schwimmverhalten der Fische?	Realistisch / Gut / Überlagerungen der Fische evtl. zufällig bestimmen
Mit welchen 3 Adjektiven würdest du das Spiel am ehesten beschreiben? (Reihenfolge wichtig)	gemütlich, freundlich, ruhig / niedlich, kurz, stimmungsvoll / innovativ, simpel, realistisch / spaßig, gemütlich, kurz / gemütlich, leicht, geheimnisvoll / kurz, abstrakt, spaßig
Was wäre deine erste Änderung am Spiel?	Robustere Positionserkennung / Köderposition veränderbar machen / Fische öfter anbeißen lassen / Tutorial einbauen / Sound einbauen / Köderposition veränderbar machen
Wieviel Geld wärst du bereit für so ein Spiel auszugeben?	Um die 10€ / 10, max. 15€ / Kommt auf Materialqualität an, 15 - 20 €
Könntest du dir vorstellen, dieses Spiel mit Freunden oder der Familie zu spielen?	Ja / Ja, mit Kindern / Als Gag, jedoch nicht ernsthaft
Für welche Zielgruppe(n) wäre diese App deiner Meinung nach geeignet?	Kinder ab 3 Jahren / Kinder ab 5 Jahren, hauptsächlich Kinder / Familien mit Kindern ab 12 / Rentner / Alle Altersgruppen, nur nicht Kleinkinder

Abb. 23 Testergebnisse der ersten Testreihe

Zweite Testreihe (Abb. 24)

Umfeld: Bekanntenkreis

5 Testpersonen (5 männl.) - 2 Testgruppen

Durchschnittsalter:	24,8 Jahre
Tablet-/Handy-Nutzung:	mehrmals täglich
Spielen von Brettspielen:	eher selten
Spielen von Videospielen:	häufig

Sound:	ja
Köderauswahl:	während Spielzug über Magnetfigur
Nervosität:	baut sich schneller ab, beeinflusst nur Schwimm-bewegung
Punktezahl der Fische:	Fester Wert pro Fischart
Spielfeld:	aufwendig gestaltet
Angelmechanismus:	seltene Fehler

Frage	Ergebnis
Wie gut hat die Spielauswahl funktioniert?	Mittel / Selbsterklärend / Klickbereich vergrößern (nicht nur Icon) / Verbesserung: Uhrzeigersinn bei Spielerreihenfolge
Wie gut hat das Angeln geklappt?	Relativ gut geklappt (1-2 Sek Verzögerung) / Nach Eingewöhnungszeit gut / Angelziehen könnte schneller gehen / Wenn man das Wegziehen verstanden hat, war es zu einfach
Was hältst du von der Erweiterung eines digitalen Spiels durch einen haptischen Gegenstand?	Gut / Tolle Idee / Interessant, cool, andersartig / Find ich gut, kann man erweitern mit mehreren Gegenständen
Was glaubst du hat das Tippen auf den Screen bewirkt?	Richtungswechsel der Fische / Beeinflussung der Fische / Die Fische verdrücken sich, wie wenn man einen Stein ins Wasser wirft
Hast du verstanden, wie das Spiel funktioniert?	Ja / Nicht direkt, Wegziehen war nicht sofort klar
Hast du eine Strategie verfolgt, um zu gewinnen?	nein / Köder abhängig von Fischen, die zu sehen sind / Rote Fische, da diese am meisten Punkte geben / Fische mit den meisten Punkten angeln / Schnell Fische fangen
Wie gefällt dir die grafische Umsetzung des Teichs?	Ausreichend / Hintergrund verschwimmt mit Tablet / Fische könnten unterschiedlicher aussehen / In sich stimmig, reduziert, flat / Sehr gut, schlicht aber funktional
Wie realistisch findest du das Schwimmverhalten der Fische?	Ausreichend / Schwimmen in Gruppen / Relativ realistisch, / zu linear, zu aktiv / Schwimmverhalten beim Verscheuchen vorhersehbar
Mit welchen 3 Adjektiven würdest du das Spiel am ehesten beschreiben? (Reihenfolge wichtig)	zugänglich, ruhig, spaßig / spaßig, atmosphärisch, träge / innovativ, simpel, chaotisch / innovativ, modern, gemütlich / modern, freundlich, klar
Was wäre deine erste Änderung am Spiel?	Reaktionszeit der Angerute verbessern / Punktestand anzeigen für alle Spieler / Fischarten erweitern / Köderposition veränderbar machen
Wieviel Geld wärst du bereit für so ein Spiel auszugeben?	20€ / 20-30€ / 18€
Könntest du dir vorstellen, dieses Spiel mit Freunden oder der Familie zu spielen?	Ja, definitiv / Ja mit Freunden / Mit mehr Spielelementen ja / Mit mehr Spieltiefe ja
Für welche Zielgruppe(n) wäre diese App deiner Meinung nach geeignet?	3-99 Jahre / Jüngere Zielgruppen, 10-20 Jahre / Kinder, junge Leute / 8-12 Jahre oder erwachsene Spielefans / Hauptsächlich Kinder

Abb. 24 Testergebnisse der zweiten Testreihe

6.3. Schlussfolgerungen

Erste Testreihe

Die Tests zeigten deutlich, dass das Spiel in seinem damaligen Zustand unerfahrene Personen schnell überfordert. Dies lag zum einen am Angelmechanismus, da dieser noch technische Probleme hatte. Zum anderen lag es an fehlendem Nutzerfeedback in der Anwendung. Es konnte schlecht erkannt werden, ob ein Fisch gerade anbeißt oder nicht und auch der Spielerwechsel wurde zu undeutlich mitgeteilt. Die teils zufällig gewählten Punktezahlen der einzelnen Fische sorgten ebenfalls für Verwirrung.

Das Verhalten der Fische wurde jedoch als durchaus realistisch und ästhetisch aufgenommen und auch die Multi-Touch-Interaktion stellte kein Problem dar. Einzig die Nervosität der Fische, welche beim Tippen auf den Screen angestiegen ist und die Fische am Anbeißen gehindert hat, wurde so gut wie gar nicht wahrgenommen.

Diese Erkenntnisse wurden anschließend für konkrete Verbesserungen am Prototypen genutzt, bevor eine weitere Testreihe durchgeführt wurde. Um die bisher vom Angeln separierte Köderauswahl intuitiver zu gestalten, wurde diese über die Orientierung der Magnetfigur gelöst. Der Angebotscharakter der sechseckigen Holzfigur lässt bis zu sechs verschiedene Orientierungen auf einem Spielfeld zu, jedoch wurde aus Gründen der Sensorgenauigkeit mit nur drei unterschiedlichen Ausrichtungen gearbeitet. Desweiteren wurden Geräusche implementiert und ein Spielplan gestaltet, damit die Thematik des Spiels stimmiger wirkt. Auch das visuelle Feedback in der App wurde überarbeitet, um Spielsituationen wie das Anbeißen eines Fisches besser erkenntlich zu machen.

Zweite Testreihe

Bei diesen Tests war das Spielverständnis deutlich höher. Nach kurzer Eingewöhnungszeit wurde schnell begriffen, wie man die Angel auswirft und wann man sie am besten einholt, um Punkte zu bekommen. Im Gegensatz zum ersten Prototypen war es durch Orientierungsänderung der Figur auch möglich, die Köderfarbe während eines Zuges mehrmals zu ändern., was für mehr Spieldynamik sorgte. Einzig die leichte Verzögerung beim Angeln, die durch den Toleranzbereich der Sensorauswertung zustande kam, fiel negativ auf.

Da das Angeln gut funktionierte, konnten sich die Testpersonen mehr auf den Spielablauf und die Fische konzentrieren. Hier wurde angeregt, das Schwimmverhalten nicht zu vorhersehbar zu gestalten und mehr Varianz einzubauen. Auch wurde deutlich, dass man sich mehr Spieltiefe wünschte, denn nach verinnerlichen des Angelns fehlte es an Herausforderung.

Mit diesen Informationen wurde der Prototyp mit einfachen Anpassungen weiterentwickelt. So bekamen die Fische beim Fliehen vor Wasserkräuselungen unterschiedliche Geschwindigkeiten, um das Lenken der Fische leicht zu erschweren. Außerdem wurden kleinere Anpassungen an der Benutzeroberfläche vorgenommen, um den Spielablauf besser verständlich zu gestalten.

Beide Testreihen

Da das Konzept für ein Softwareangebot der Xitaso GmbH präsentiert werden sollte, wurden zudem Fragen zur Vermarktung gestellt. Fast alle Testpersonen konnten sich vorstellen, das Spiel mit Freunden oder der Familie zu spielen und würden dafür im Durchschnitt 18€ ausgeben. Als Zielgruppe sahen die meisten Kinder im Hauptfokus, jedoch wäre Laguna mit mehr Spieltiefe auch als Familienspiel denkbar.

7. Schlussbetrachtung

Zum Schluss werden die Ergebnisse der Konzeption zusammengefasst und analysiert sowie Erweiterungsmöglichkeiten aufgezeigt.

7.1. Diskussion

Laguna ist ein konzeptionelles Gesellschaftsspiel mit Tablet und Tangibles. Die Verbindung aus Multi-Touch-Gerät und haptischem Spielelement koppelt die Charakteristiken eines rein analogen Brettspiels mit den Möglichkeiten digitaler Datenverarbeitung.

Das Konzept zeigt, dass Spielmaterial und haptische Interaktion ein digitales Spiel deutlich aufwerten können. Die Preisangaben der befragten Personen liegen allesamt im Bereich eines günstigen Brettspiels und damit deutlich höher als der Preis für eine vergleichbare Spiele-App. Auch die haptische Erfahrung hilft bei der Erfassung von Zusammenhängen und Spielmechaniken.

Die Größe eines Tablet-Screens, die eigentlich für eine Einzelperson ausgelegt ist, eignet sich nur bedingt für eine Verwendung mit mehreren Personen. Durch eine Integration in einen Spielplan wird der Screen jedoch nur Teil der Spielfläche und ist, mit entsprechend groß dargestellten In-

formationen, durchaus gut für ein hybrides Brettspiel verwendbar. Aufgrund der kleinen Screengröße sollte jedoch bei Touch-Interaktionen auf die Einfachheit der Bedienung Wert gelegt werden.

Die Realisierung erfolgte mit einem Magneten, dessen Feldlinien über ein Magnetometer ausgelesen werden. Diese Umsetzung ist kostengünstig, hat jedoch auch einige Nachteile. Die Anzahl der Magneten ist auf eins begrenzt, da sich sonst mehrere Feldlinien überlagern würden und keine eindeutige Erkennung möglich wäre. Desweiteren ist die Kalibrierung ein Problem. Zum einen müssen für jedes unterstützte Gerät die Koordinaten des Sensors bestimmt und hinterlegt werden, zum anderen führt die auftretende Verschiebung des Sensor-Nullpunkts zu einer häufigen, manuellen Nachkalibrierung.

7.2. Ausblick

Das Feld der hybriden Brettspiele ist groß und das erarbeitete Konzept nur eine Umsetzungsmöglichkeit von vielen. Die Arbeit zeigt in Grundzügen, wie eine gelungene Verknüpfung von analog und digital möglich ist, hat jedoch noch viel Erweiterungspotential.

Erweiterung des Fischteichs

Im Moment ist der allgemeine Spielablauf sehr simpel gehalten. Es gibt drei verschiedene Fischarten, die unterschiedlich viele Punkte geben, wenn sie gefangen werden. Hier gibt es natürlich die Möglichkeit, weitere hinzuzufügen, die sich in ihrem Verhalten, ihrem Aussehen und

ihrem Punktewert (eventuell sogar durch Minuspunkte) von den anderen unterscheiden. Auch könnten die Fische untereinander mehr interagieren, indem sie sich gegenseitig jagen und verscheuchen oder auch verzehren.

Ebenfalls denkbar wäre die Einführung einer Wassertiefe. Bestimmte Fischarten könnten so nur in den zugehörigen Wassertiefen gefangen werden, die man beim Angeln neben der Köderauswahl festlegen kann.

Verbesserung der Magnet-Technologie

Das Hinterlegen der Sensorpostion für jedes unterstützte Gerät könnte durch eine automatisierte Kalibrierung ersetzt werden. Hierzu müsste der Magnet an mindestens zwei vordefinierte Positionen gestellt werden, um anhand der erhaltenen Werte das Magnetometer lokalisieren zu können.

Auch dem bereits angesprochenen Hardwareproblem, bei dem sich der Nullpunkt des Magnetometers verschiebt, müsste weiter nachgegangen werden, da die ständige Nachkalibrierung für ein Endprodukt nicht akzeptabel wäre.

Einbindung weiterer Sensoren und Tangibles

Zum aktuellen Stand stellt der Magnet die einzige Interaktionsmöglichkeit neben Multi-Touch dar. Jedoch bietet ein mobiles Endgerät weitere Möglichketen, Interaktionen zu realisieren und greifbare Bedienobjekte einzubinden. So könnte man die Kamera nutzen, um Spielkarten (z. B. mit QR-Codes) zu erkennen, die über das Gerät gehalten werden. Konkret wäre es denkbar, durch Karten Fische in den Teich „einzusetzen“, um die Fischpopulation trotz des Angelns

konstant zu halten. Auch kapazitive Spielfiguren ließen sich einbinden, die man auf den Geräte-Screen stellen könnte um eine Berührung zu simulieren. Einsetzbar wären diese z. B. als Hindernisse für die Fische.

Würde man das Konzept noch um einen oder mehrere dieser Ansätze erweitern und die technischen Fehler beheben, so wäre eine kommerzielle Serienproduktion sicher denkbar. In der Xitaso GmbH wurde die Arbeit bisher zur Demonstration der Magnettechnologie sowie als Grundlage zur Weiterentwicklung dieser verwendet.

8. Quellen- und Literaturverzeichnis

8.1. Fußnoten

1 **Strang, Caroline** (2015): In Deutschland ist die Kombination aus Brettspiel und Elektronik weit verbreitet. http://www.tagblatt.de/Home/nachrichten/wirtschaft/ueberregionale-wirtschaft_artikel,-In-Deutschland-ist-die-Kombination-aus-Brettspiel-und-Elektronik-weit-verbreitet-_arid,289106.html [Stand: 06.07.2015].

2 **Ravensburger**: SmartPLAY. http://ravensburger-smartplay.com/ [Stand: 06.07.2015].

3 **Ravensburger**: Das Magische Museum. http://www.ravensburger.de/26807/product.html [Stand: 06.07.2015].

4 **Game Technologies**: Dice+. http://www.dicepl.us/de/ [Stand: 06.07.2015].

5 **Game Technologies**: Rumble Stumble. http://www.dicepl.us/de/games/rumble-stumble/ [Stand: 06.07.2015].

6 **Hasbro**: Twister. http://www.hasbro.com/twister/de_DE/shop/details.cfm?R=C-71921FA-5056-900B-10D3-25880E1E5284:de_DE [Stand: 06.07.2015]

7 **EPawn**: EPawn Arena. http://www.epawnarena.com/ [Stand: 06.07.2015].

8 **Ravensburger**: Tiptoi. https://www.ravensburger.de/kinder/tiptoi/index.html [Stand: 06.07.2015].

9 **Ravensburger**: Das versunkene Logik-Land. https://www.ravensburger.de/shop/tiptoi/spiele/das-versunkene-logik-land-00526/index.html [Stand: 06.07.2015].

10 **Harebrained Schemes**: Golem Arcana. http://golemarcana.com/ [Stand: 06.07.2015].

11 **Ravensburger**: Yes or Know. http://www.ravensburger.de/26803/product.html [Stand: 06.07.2015].

12 **Bianchi, Andrea; Oakley, Ian** (2013): Designing Tangible Magnetic Appcessories. In TEI '13 Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, S. 255-258.

13 **Bianchi, Andrea; Oakley, Ian** (2015): MagnID: Tracking Multiple Magnetic Tokens. In TEI '15 Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, S. 61-68.

14 **Schackert, Michael:** Private Kommunikation, März - Juli 2015.

15 **Hasbro**: Trivial Pursuit. http://www.hasbro.com/de-de/product/trivial-pursuit-family-edition:93779983-6D40-1014-8BF0-9EFBF894F9D4 [Stand: 06.07.2015].

16 **Processing Foundation**: Processing. https://processing.org/overview/ [Stand: 06.07.2015].

17 **Sauter, Daniel**: Ketai-Bibliothek. http://danielsauter.com/display.php?project_id=113 [Stand: 06.07.2015].

18 **Shiffman, Daniel** (2012): The Nature of Code. Selbstveröffentlichung, S. 101-121.

18 **Shiffman, Daniel** (2012): The Nature of Code. Selbstveröffentlichung, S. 300-313.

8.2. Literatur

Bianchi, Andrea; Oakley, Ian (2013): Designing Tangible Magnetic Appcessories. In TEI ‚13 Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction.

Bianchi, Andrea; Oakley, Ian (2015): MagnID: Tracking Multiple Magnetic Tokens. In TEI ‚15 Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction.

Shiffman, Daniel (2012): The Nature of Code. Selbstveröffentlichung.