



TECH REPORT

**Konzepte und Technologien der
Gamification durch Transformation**

ADICOM® SOFTWARE KG

Frauentorstraße 11
99423 Weimar

Email software@adicom-group.de
Tel +49 (0) 3643 85594-0

KLAUS P. JANTKE

**Version 1.00
28.12.2018**

VERTRAULICH / CONFIDENTIAL

04-2018

Klaus P. Jantke

ADICOM Software KG

Frauentorstr. 11
99423 Weimar
Germany

Impressum

ADICOM TECH REPORT

ISSN (Print) 2627-0749

ISSN (Online) 2627-0757

ADICOM Software KG

Frauentorstr. 11

99423 Weimar

info@adicom-group.de

www.adicom-group.de

Geschäftsführer: Christian Hölzer

AG Jena: HRA501731

Cover Page Design: Robert Krause

Picture Credits:

World Map 45° Lines Vector

Author: pajhonka

<https://www.vecteezy.com/map-vector/24225-world-map-45-lines-vector>

Creative Commons (BY)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Der Begriff Gamification	2
2 Gamification als Transformationsprozess	3
2.1 Design-Konzepte	4
2.2 Design-Technologien	6
2.3 Implementierung	8
2.4 Evaluation	10
3 Zusammenfassung und Ausblick	11
Literaturverzeichnis	12
Appendix A: Time Travel Prevention illustriert	17
Appendix B: Storyboarding und Didaktik illustriert	23
Appendix C: Storyboarding und Künstliche Intelligenz illustriert	24
Liste der ADICOM TECH REPORTS	25

... we should continually be striving to
transform every art into as science:
in the process, we advance the art.

[Donald E. Knuth, Turing Award Lecture, 1974, p. 37]

Vorwort

Gamification wird gegenwärtig in der Fachliteratur sehr kontrovers diskutiert¹ und *ist eine Kunst*. In Anlehnung an [Knu 1987]² versucht der Autor, diese Kunst zu einer Wissenschaft zu machen, denn auf dem bisherigen Niveau der Fundierung und Präzision kann die Kontroverse kaum zu Ergebnissen führen – aber die Praxis der Gamification, insbesondere für Zwecke des Lehrens, Lernens und Trainierens, wofür in [AJ 2018] der Begriff *Educational Gamification* geprägt wurde, braucht Ergebnisse statt Wortgewitter³.

Der vorliegende Technical Report ist aus einer sehr intensiven Kommunikation mit Vertretern der Berufsgenossenschaft Rohstoffe, Chemische Industrie (BG RCI) hervorgegangen.

Das Ziel der Ausarbeitung besteht darin, *Eckpunkte der Educational Gamification* vorzulegen, aufbauend auf einem festen Fundament von Wissen und Können im Bereich der *digitalen Spiele* – die Entwicklung, Implementierung und Anwendung von Spielen für Lernzwecke eingeschlossen – sowie einem grundlegenden Verständnis der Ideen, Begriffe, Prinzipien und Vorgehensweisen der *Künstlichen Intelligenz* (KI) – hier wiederum Entwicklung, Implementierung und Anwendung von Lernverfahren sowie Forschungsergebnisse über Potenziale und Grenzen der KI eingeschlossen.

Unter den zahlreichen Begriffen, Herangehensweisen und Erkenntnissen, die man “Eckpunkte” nennen könnte, wird der Fokus eingestellt auf solche,

- die vom Verständnis des Phänomens Spielen ausgehend einen Ansatzpunkt bieten, um die Faszination und Wirkmächtigkeit des Spielens zu übertragen und nutzbar zu machen,
- die ermöglichen, durch die Integration von Verfahren der KI das Ergebnis der Gamification mit erlebbarer und wirkungsvoller Intelligenz auszustatten,
- die originär in Vorarbeiten des Autors begründet sind und damit das Potenzial besitzen, eine darauf aufbauende Konzeption, Entwicklung, Implementierung und Anwendung von Educational Gamification mit Alleinstellungsmerkmalen auszustatten.

In die letztgenannte Kategorie gehören Begriffe wie z.B. *Storyboard Interpretation Technology* mit dem besonderen Feature des *Plug & Play* und die *Time Travel Prevention Games*.

Selbst wenn es bei dieser Herangehensweise und mit diesen Konzepten nicht vollständig gelingt, die *Kunst der Gamification* zu einer *Wissenschaft der Gamification*⁴ zu machen, der Versuch hilft, die eigene Kunstfertigkeit weiterzuentwickeln – “to improve our own artistry” ([Knu 1987], S. 37).

¹ siehe [LACA 2018], [Jan 2018] inkl. der darin zitierten Quellen

² Dieser 1987 publizierte Beitrag – zuvor schon in den Communications of the ACM erschienen – stellt die schriftliche Form des Vortrags dar, den Knuth 1974 anlässlich der Verleihung des Turing Award gehalten hat. Er diskutiert die Programmierung von Computern als Kunst, die es zu systematisieren und zu formalisieren gilt, was für ihn bedeutet, die Kunst in eine Wissenschaft zu transformieren – ein lesenswerter und anregender Artikel.

³ Bogost bezeichnet Gamification als “Bullshit” und nennt pauschal jeden, der für Gamification eintritt, einen “Bullshitter” [Bog 2011]. Bogost hat in einzelnen Punkten durchaus recht, die Fähigkeit zu einer differenzierten und tiefergehenden Analyse geht ihm allerdings vollkommen ab. Lesern wird in diesem Zusammenhang auch der Appendix A “Ian Bogost und die Bullshitters – ein Exkurs” in [Jan 2018] empfohlen.

⁴ Im Gegensatz zum Titel von [LACA 2018] muss die Existenz einer “Gamification Science” angezweifelt werden.

1 Der Begriff Gamification

Der Begriff *Gamification* wird von unterschiedlichen Autoren sehr unterschiedlich verstanden, wie Landers et al. recht deutlich artikulieren: “Definitions of gamification tend to vary by person, both in industry and within academia” ([LACA 2018], S. 315).

Hier ist es nicht erforderlich, die gesamte Debatte erneut aufzurollen. Interessierte Leser werden auf die noch recht aktuellen – nur wenige Wochen alten – Diskussionen in [Jan 2018] und [AJ 2018] verwiesen.

Entscheidend ist zunächst, nicht der einfachen, aber weitestgehend unbrauchbaren Begriffsbildung⁵ von Deterding et al. auf den Leim zu gehen, die Gamification verstehen als die Nutzung von spieltypischen Elementen in nicht-spielerischen Anwendungen (vgl. Erörterung in [Jan 2018], Abschnitt 2, Seite 3). Allein durch die Einführung von Score Points, Batches oder Lebensenergiebalken kann man kaum die Faszinationskraft und Wirkmächtigkeit digitaler Spiele in eine andere Domäne übertragen, schon gar nicht in so sensible Bereiche wie Lernen und Trainieren.

Digitale Spiele können Menschen eindrucksvolle Erlebnisse verschaffen, sofern Menschen sich auf das Spielen einlassen. Dann tritt die eigentlich unverzichtbare Schnittstelle zum System in den Hintergrund und die digitale Welt nimmt die Spielerin oder den Spieler geradezu gefangen (siehe [Jan 2006a] sowie [Jan 2018], Abschnitt 3.1, Seiten 5-6, und [AJ 2018], Abschnitt 2, Seite 3). Score Points, Batches und Lebensenergiebalken allein tun das nicht.

Spielen hat das Potenzial, Erlebniswelten zu entfalten, was ganz wesentlich von den Spielerpersönlichkeiten, ihren Erfahrungen, Vorlieben und noch vielen weiteren individuellen Details abhängen kann, bis hin zum Kontext, in dem gespielt wird. Wer vermittelt Gamification “joyful experiences for everyone” verspricht ([Cho 2016], S. 10), hat vom Spielen nichts verstanden.

Erlebnisse kann man nicht garantieren, sondern bestenfalls Voraussetzungen für antizipiertes Erleben schaffen. Das führt zu der folgenden Präzisierung des Begriffs Gamification:

Gamification bedeutet, in einer Domäne dem Menschen neue Interaktionsmöglichkeiten zu schaffen, die das Potenzial haben, ihm spielerische Erlebnisse zu ermöglichen. ([Jan 2018], S. 8, bzw. [AJ 2018], S. 5)

Gamification wird hier als ein Prozess des Designs und der Implementierung verstanden, der aufgrund der Komplexität des Vorhabens zwingend formative Evaluation einschließen muss.

Der Prozessgedanke findet sich auch in [LACA 2018], wo es heißt, “the core of gamification is a design process intended to augment or alter an existing real-world process using lessons (initially) from the game design research literature to create a revised version of that process that users will experience as game-like. Gamification is not itself a product; one does not create a gamification as one creates a game. Instead, one adds game elements to change a process that already exists to change how that process influences people.” (ibid., S. 3)

In einer Domäne dem Menschen neue Interaktionsmöglichkeiten zu schaffen, bedeutet einen Prozess der Transformation.

Im Unterschied zur Auffassung von Landers et al. (s.o.) genügt es aber nicht, Spielelemente hinzuzufügen (“add game elements”). Es geht nicht nur darum, dass Benutzer einen Prozess als *spielerisch* (“game-like”) empfinden. Es geht vielmehr um Design von Erlebnissen, die das Potenzial haben, intendierte Wirkungen zu entfalten. Die Frage ist nicht, *was für Spielelemente*, sondern *was für Erlebnisse* kreiert werden.

Die Spielelemente könnte man sehen, die Erlebnisse dagegen nicht. Das führt unmittelbar zur Notwendigkeit der formativen Evaluation.

⁵ “the use of elements of game design in non-game contexts” ([DDKN 2011], S. 2)

2 Gamification als Transformationsprozess

Gamification, insbesondere *Educational Gamification*, geht von einem vorhandenen Stand aus und zielt darauf, mit dem vorhandenen Material – zum Beispiel 3D-Modelle, Simulationen, Geräte und Schnittstellen – neuartige Erlebnisse möglich zu machen. Was es neu “zu erfinden” gilt, sind *Erlebnisse*, denen man aus Sicht der Lernpsychologie, im allgemeinen, und der Kenntnis der Domäne sowie der Fachdidaktik, im besonderen, das Potenzial unterstellt, den Erwerb von Wissen und Können auf spielerische Art zu befördern.

Um die Attraktivität und Wirkmächtigkeit digitalen Spielens zu erschließen, bedarf es der Antizipation von Spielerlebnissen mit dem vorhandenen zunächst nicht spielerischen Material. Das kann natürlich auch dazu führen, dass der Bedarf an neuartigem Material erkannt wird, ein Punkt der zurückgestellt werden soll.

Erst muss man die Erlebnisse vorausdenken, dann kann man danach fragen, was für ihre Ermöglichung erforderlich ist, Elemente aus digitalen Spielen wie Score Points, Batches u.a. [BH 2005]⁶ eingeschlossen.

Entsprechend wird der vorliegende Abschnitt 2 gegliedert, wobei in den vier Unterabschnitten kein Wert auf Vollständigkeit gelegt werden kann (denn dann würde wohl ein Buch entstehen), sondern eine Auswahl gemäß der im Vorwort genannten Kriterien für Eckpunkte getroffen wird.

Zuerst wird in den Abschnitten 2.1 und 2.2 nach qualitativen Ideen gefragt und danach, wie man sie herausarbeiten kann. Danach wird im Abschnitt 2.3 die Realisierung besprochen, die notwendigerweise der formativen Evaluation (siehe Abschnitt 2.4) unterliegen muss, was zu einem zyklischen Entwicklungsmodell führt.

Der in den vier Unterabschnitten beschriebene Transformationsprozess steht im Kontext des Domänenwissens, des vorhandenen Materials, der Lern- und Trainingsziele und der Fachdidaktik, letztere wiederum im größeren Zusammenhang der Lernpsychologie, der Mediendidaktik und didaktischer Modelle.

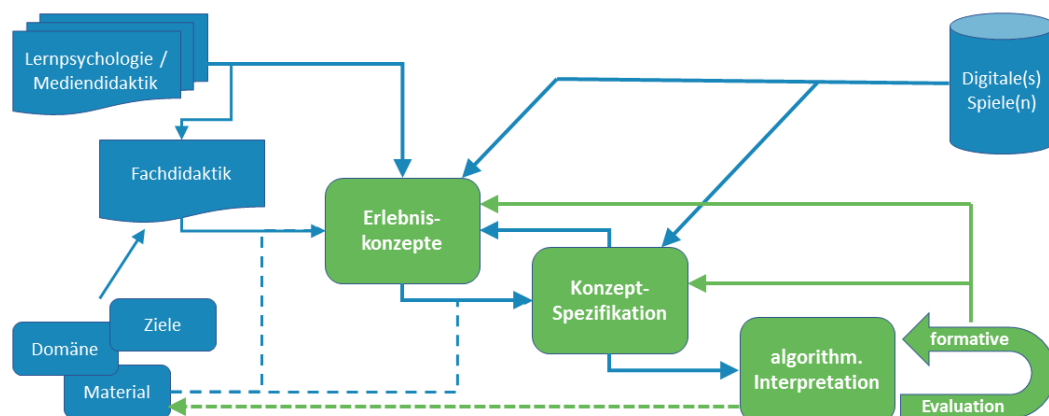


Abbildung 1: Erlebnis-Design und Operationalisierung im Mittelpunkt der Gamification

Nur wenige der in Abb. 1 visualisierten Aspekte sollen skizziert werden. (i) Spielverstehen und Didaktik tiefgründig verzahnt “füttern” das Design von antizipierten Erlebnissen und deren genaue Spezifikation. (ii) Die algorithmische Interpretation der Spezifikation macht die Erlebnisse möglich. (iii) Auf in der Konzeption verwendetes Material wird bei der Interpretation referenziert.

⁶ Was die Autoren in [BH 2005] diskutieren, sind keine Patterns.

2.1 Design-Konzepte

Potentiell stehen für das Design neuartiger Spielerlebnisse alle Ideen und Erfahrungen aus der Welt der digitalen Spiele zur Verfügung (siehe z.B. [BH 2005] und [SZ 2004]), aber auch Überlegungen zu Spielen, die es (noch) gar nicht gibt [Jan 2006b, Jan 2010c]. Konzeptualisierungen der systematischen Filmanalyse [Rab 1999] erweitern den Werkzeugkasten und können für digitale Spiele erschlossen werden (vgl. [Jan 2006c], Abschnitt 5.5).

Im vorliegenden Report wird exemplarisch ein Konzept diskutiert, das der Autor entwickelt und auf dem 20. Deutschen Präventionstag 2015 vorgestellt sowie den Begriff dafür geprägt hat: *Time Travel Prevention Games* [Jan 2015]. Die betreffenden Ideen sind im Anschluss, ausgehend von einer Kooperation mit der Polizeilichen Kriminalprävention der Länder und des Bundes durch Johannes Winter weiter ausgearbeitet worden [Win 2016].

Die Kernideen dafür sind schon einige Jahre zuvor in den beiden Publikationen [Jan 2009a] und [Jan 2009b] aus dem Blickwinkel des *Interactive Digital Storytelling* herausgearbeitet worden. Wenn eine Geschichte erzählt wird – und solche Spiele, die hier von Interesse sind, erzählen Geschichten, die sich während des Spielens sozusagen entfalten – kommen Ereignisse Schritt für Schritt ins Spiel. Bei einer guten Geschichte weiß man zum Beginn noch nicht, was alles geschehen wird. Mehr noch, bei einem guten Spiel können sich unterschiedliche Geschichten entfalten.

Werden Spielerlebnisse konzipiert oder analysiert, so kann das auf unterschiedlichen Niveaus der Abstraktion bzw. Granularität erfolgen – man spricht von *Layered Languages of Ludology* [Jan 2006c, Len 2009]. Auf einem bestimmten Abstraktionsniveau kann eine erzählte Geschichte aufgefasst werden als eine Menge von Ereignissen inklusive der Beziehungen zwischen diesen. Für die vorliegende kurze Darstellung soll genügen, die zeitliche Abfolge als Beziehung zwischen Ereignissen zu betrachten, die als Halbordnung⁷ formalisiert und mittels \preceq notiert wird.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt t der Entfaltung einer Geschichte ist E_t die Menge der bis dahin bekannten Ereignisse und \preceq_t die Beschreibung aller zeitlichen Beziehungen, die bislang bekannt sind. $[E_t, \preceq_t]$ ist dann eine kompakte formale Darstellung des Zustands der Geschichte.

Die langweiligsten Geschichten sind solche, in denen ein Ereignis nach dem anderen eintritt. Im Extremfall hat man zunächst ein erstes Ereignis e_1 , also $E_1 = \{e_1\}$ und noch keinen Bedarf einer zeitlichen Ordnung, dann e_2 , d.h. $E_2 = \{e_1, e_2\}$ mit $e_1 \preceq e_2$ gefolgt von $E_3 = \{e_1, e_2, e_3\}$ mit $e_1 \preceq e_2 \preceq e_3$ usw. usf. Man spricht von *Linearität* (“Linearity” in [Jan 2009b]).

Interessanter können Geschichten schon dadurch werden, dass man später etwas von früheren Ereignissen erfährt und dadurch die bisherige Geschichte in einem anderen Licht sieht. Formal bedeutet das, dass beim Fortschreiten einer Geschichte von $[E_t, \preceq_t]$ zu $[E_{t+1}, \preceq_{t+1}]$ nicht länger die Eigenschaft $\forall e \in E_{t+1} \setminus E_t \forall e' \in E_t (e' \preceq e)$ gilt.

Ein besonderer Fall liegt vor, wenn man zu einem späteren Zeitpunkt nicht nur von einem früheren Ereignis erfährt, sondern selbst daran teilnimmt⁸. Wenn Zeitreisen in der Realität auch ein wenig schwierig erscheinen, stellen sie in der virtuellen Welt eines digitalen Spiels kein größeres Problem dar.

Der Wert derartiger virtueller Zeitreisen wird aber erst deutlich, wenn man eine weitere Eigenschaft der Entwicklung einer Geschichte in den Fokus nimmt: *Monotonie* (“Monotonicity” in [Jan 2009b]). Eine Geschichte entfaltet sich monoton genau dann, wenn die zwei Eigenschaften $E_t \subseteq E_{t+1}$ und $\preceq_t \subseteq \preceq_{t+1}$ für alle Zeitpunkte der Entwicklung gelten. Man erfährt immer mehr.

⁷ Es ist möglich, dass für zwei Ereignisse deren zeitliche Beziehung nicht bekannt ist bzw. keine Rolle spielt.

⁸ Zumindest in der Literatur ist diese Idee spätestens seit [Wel 1895] etabliert.

Time Travel Prevention Games sind konzipiert worden mit der Absicht, die Grenzen der monotonen Entwicklung von Geschichten zu durchbrechen.

Aus Sicht des Erlebens geht es darum, ein ungewolltes Ereignis ungeschehen zu machen und den Erfolg zu genießen. Es soll, in formalen Termini ausgedrückt, möglich sein zu erreichen, dass ein Ereignis $e \in E_t$ zu einem späteren Zeitpunkt t' (d.h. $t < t'$) als nicht stattgefunden angesehen werden kann, d.h. $e \notin E_{t'}$. Damit wird offenbar die Monotonie $E_t \subseteq E_{t+1} \subseteq \dots \subseteq E_{t'}$ verletzt.

Im digitalen Spiel SHADOW OF MEMORIES⁹ macht ein Spieler mehrfach den eigenen virtuellen Tod in der virtuellen Welt rückgängig. Das ist spannend und kann Spaß machen. Anhand ausgewählter Folien der Konferenzpräsentation von [WJ 2014] soll das Prinzip illustriert werden (alle ausgewählten Folien im Appendix A ab Seite 17).

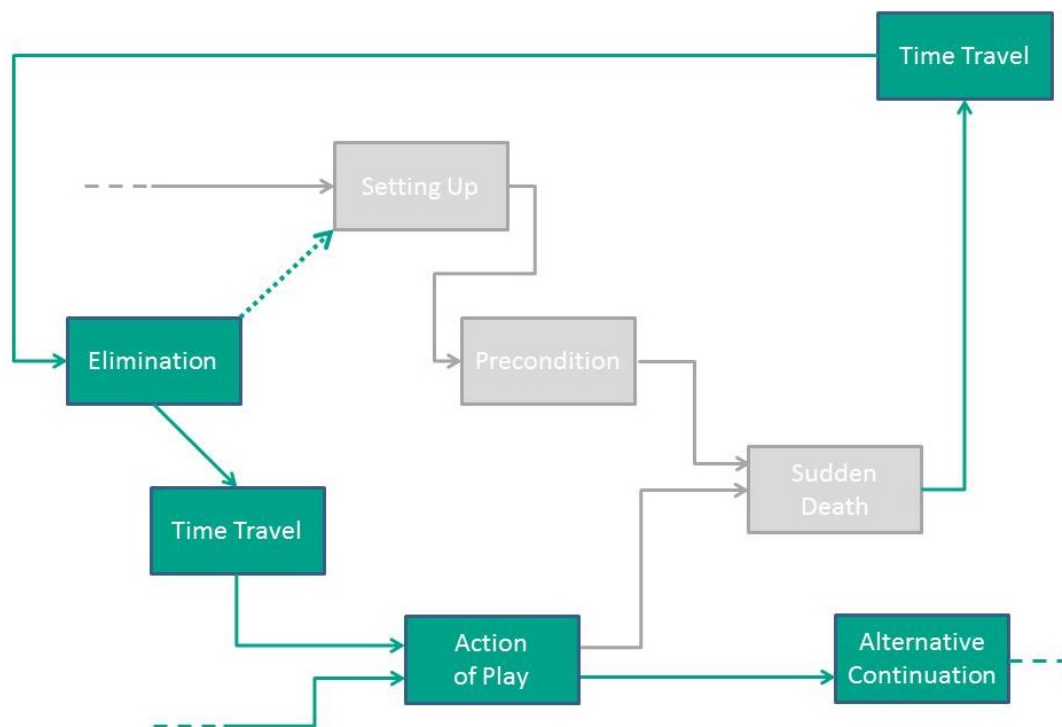


Abbildung 2: Struktur und Wirkungsweise einer Zeitreise im Spiel SHADOW OF MEMORIES

Nach einer Reihe von Spielaktionen (letzter Schritt “Action of Play”) stirbt der Spieler einen plötzlichen virtuellen Tod (“Sudden Death”). Dieses Spielereignis hängt von vorangehenden Ereignissen ab, in denen die Voraussetzungen geschaffen werden (“Setting Up”, “Precondition”). Reist der Spieler in der Zeit zurück (“Time Travel”), so kann er durch Initiieren eines neuen Ereignisses (“Elimination”) dafür sorgen, dass die Voraussetzungen seines virtuellen Todes aus dem Zustand der Geschichte verschwinden. Durch eine weitere Zeitreise kommt er wieder in die Geschichte zurück, wobei sein Tod nicht mehr möglich ist (weitere Details im Appendix A).

In Spielen für die Kriminalprävention [Jan 2015, Win 2016] haben Spieler die Gelegenheit, ein Verbrechen – beispielsweise einen Wohnungseinbruch – dadurch ungeschehen zu machen, dass sie in der virtuellen Zeit virtuell zurück reisen und präventive Maßnahmen ergreifen.

Es liegt nahe, was bisher noch niemals versucht worden ist, Time Travel Prevention Games für das Lernen und Trainieren zur Unfallprävention zu entwickeln, zu erproben und einzusetzen.

⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Shadow_of_Memories

2.2 Design-Technologien

Beim Spielen von Time Travel Prevention Games können Spieler anregende und interessante selbst errungene Erfolge erleben. Grundlage derartiger Erfolge ist eigenes Wissen und Können. Die Effekte können durch soziale Aktivitäten verstärkt werden, etwa durch die Kommunikation von Lernern und Trainees über ihre Erlebnisse.

Gamification baut auf Vorhandenem auf (siehe Abschnitt 2, insbes. Abbildung 1 auf Seite 3). Welche Erlebnisse damit möglich gemacht werden sollen, wird bei der Gamification “erfunden”. Dieser Prozess ist hochgradig kreativ – eine Form von Game Design – und bedarf unter dem Blickwinkel der anspruchsvollen Ziele (i) einer systematischen Herangehensweise, (ii) der Unterstützung durch geeignete Werkzeuge, (iii) der Dokumentation wichtiger Schritte und (Zwischen-) Ergebnisse, und (iv) der Kommunikation aller beteiligten Experten unterschiedlicher Gebiete. *Digitale Storyboards*, wie sie durch Jantke und Knauf 2005 eingeführt worden sind [JK 2005], haben sich vielfach bewährt [DSTK 2006, JKG 2006, KBST 2008, KJ 2006, KSTJ 2010, JK 2012, AFJ 2013a, AFJ+ 2013b, AJS 2013, FJA 2013, JS 2013a, KJ 2014, WJ 2014, SSHM 2018].

Storyboarding bedeutet die Antizipation von variierenden Spielerlebnissen, weshalb das originäre Konzept von [JK 2005] angelehnt ist an den Begriff des Plans in der dynamischen Planung à la [Arn 1996]. “Storyboarding is the organization of experience” [JK 2005]. Eine vergleichsweise ausführliche und noch aktuelle Darstellung der Formalia findet man u.a. in [Jan 2010a], so dass im vorliegenden Report versucht werden kann, Details der Syntax weitestgehend zu unterdrücken.

Ein Storyboard nach [JK 2005] ist, formal ausgedrückt, eine hierarchisch strukturierte Familie $\mathcal{F} = \{\mathcal{G}_i\}_{i \in I}$ von endlichen, gerichteten und annotierten Pin-Graphen \mathcal{G}_i . Ohne Beschränkung der Allgemeinheit kann man annehmen, dass die Indexmenge I aus natürlichen Zahlen besteht und die Form $I = \{1, \dots, k\}$ hat. Dann vereinbart man, dass \mathcal{G}_1 der Graph auf dem höchsten Niveau ist (Top-Level-Graph, Start-Graph). Er beschreibt die antizipierten Abläufe auf der höchsten Abstraktionsstufe. Andere Graphen beschreiben Anläufe feinerer Granularität.

Die Knoten eines Graphen werden anhand zweier Kriterien klassifiziert. Erstens unterscheidet man Eingangsknoten, innere Knoten und Ausgangsknoten. Das ist für eine korrekte Beschreibung von Substitutionen wichtig und soll nicht weiter erörtert werden. Zweitens teilt man die Knoten in *Szenen* und *Episoden* ein. Diese Einteilung ist entscheidend für die operationale Interpretation. Das Beispiel in der Abbildung 3 enthält nur Episoden, deren Operationalisierung erst durch die Substitution weiterer Graphen präzisiert wird (vgl. Abschnitt 2.3).

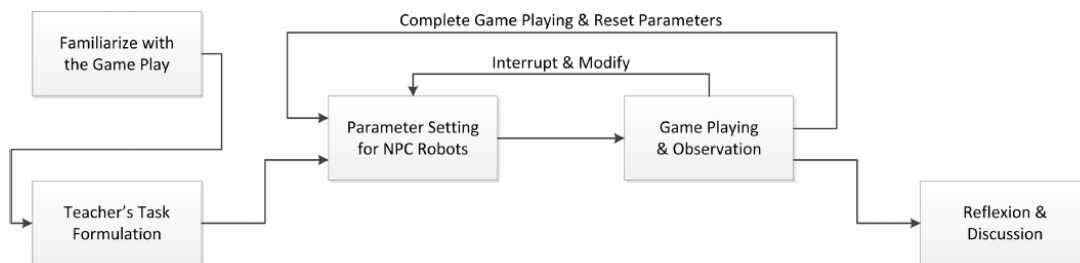


Abbildung 3: Top-Level Storyboard für den Einsatz des Spiels GORGE in einem Kurs [Jan 2010b]

Szenen haben eine Semantik in der Domäne. Sie repräsentieren z.B. Videos, Audio-Dateien, Texte, Eingabe-Aufforderungen, Auswahlangebote für Nutzer usw. Episoden sind Platzhalter für Abläufe, die mittels anderer Graphen – es kann Alternativen geben – genauer spezifiziert werden. Graphen sind mit Bedingungen annotiert, unter denen sie eingesetzt werden können. Verzweigungen sind ebenfalls mit Bedingungen annotiert.

Im Beispiel, das in Abb. 3 gezeigt wird, kann etwa die Episode “Teacher’s Task Formulation” durch das Zeigen eines Textes oder das Abspielen einer Audio- oder Video-Datei realisiert werden. Ihre Realisierung kann aber auch nicht-digital sein¹⁰ und zum Beispiel bedeuten, dass ein Lehrer den Lernern die Aufgabe erklärt. Um mehr Vertrautheit mit dem Storyboard-Konzept zu entwickeln, soll das Beispiel aus Abb. 3 kurz erläutert werden.

Ziel des Kursbausteins, der mit diesem Storyboard (hier wird nur der Top-Level-Graph gezeigt) spezifiziert wird, besteht darin, Kinder im Alter von etwa 10-14 Jahren einige Effekte des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz (KI) erleben zu lassen und Verständnis dafür zu entwickeln, wie KI implementiert werden kann [JHLN 2010]. Der Baustein ist mehrfach in dreitägigen Workshops mit dem Titel “Digitale Spiele als Forschungsthema” zum Einsatz gekommen.

KI-Erlebnisse werden den Kindern beim Spielen einer Implementierung des digitalen Spiels GORGE [Jan 2007] vermittelt. In GORGE können mehrere Menschen oder auch Menschen und KI-Gegner (sogen. Non-Player Characters, kurz NPC) mit- bzw. gegeneinander spielen. Der “Charakter” der NPCs kann mit einfachen Regeln eingestellt werden.

Lernziele für die Kinder bestehen darin, (i) Effekte unterschiedlicher Einstellungen zu erleben, (ii) dadurch Potenziale der KI zu begreifen und (iii) die gewonnenen Erkenntnisse zu reflektieren, zu kommunizieren und zu vertiefen.

Die Einführungsperiode “Familiarize with the Game Play” dient zwei einander bedingenden Zwecken gleichzeitig. Erstens müssen Spieler das Spiel in gewissem Umfang verstehen, um die folgende Aufgabenstellung zu begreifen. Zweitens ist eine solche Vertrautheit Grundlage für ein ungezwungenes Spielerlebnis. Die Expansion dieser Episode kann sehr unterschiedlich erfolgen, zum Beispiel durch ein Intro-Video oder auch durch bestimmte Übungsspiele.

In den Hauptzyklen des Storyboards (Mittelteil der Abbildung 3) spielen die Kinder und experimentieren mit variierenden Einstellungen der KI. “Reflexion & Discussion” wird im realen Raum im Team realisiert.

Damit soll die skizzenhafte Besprechung des Beispiels auf Abbildung 3 abgeschlossen werden. Es folgende einige weitere Gedanken zum Storyboard-Konzept allgemein.

Die Bedingungen, welche steuern, ob ein Graph zur Expansion einer Episode zugelassen ist oder nicht, können vielfältig sein, werden in einer großen Zahl von Fällen didaktisch begründet sein, können aber auch jenseits der Didaktik zum Beispiel im Kontext liegen, der reichen kann von der Anwesenheit anderer Personen über Sensordaten, wenn z.B. mit einer Simulation oder einer realen Anlage interagiert wird, bis zum Wetter, zum Datum und zur Uhrzeit¹¹.

Es ist einsichtig, dass die Entscheidung über derartige Bedingungen in praxi recht häufig die Verständigung unter Experten erfordert. Storyboards bilden das ideale Medium auf unterschiedlichen Stufen der Granularität. Sie erlauben gleichzeitig, im Wechselspiel miteinander sowie unabhängig voneinander Design sowohl top down als auch bottom up.

Verzweigungen in Storyboards können grundsätzlich entweder Alternativen oder Nebenläufigkeiten darstellen. Im ersteren Fall müssen sie durch Verzweigungsbedingungen annotiert werden. Die Entscheidung kann durch Auswahl des Nutzers erfolgen oder durch Prüfung von Bedingungen analog zu den Substitutionsbedingungen von Graphen.

Ein Storyboard beschreibt also keinen vorgedachten einzelnen Ablauf, sondern einen in seinen Teilen ludologisch und didaktisch begründeten Raum von potentiell unendlich vielen Variationen.

¹⁰ In [JK 2005] heißt es auf Seite 403: “Actors and locations incl. those in the real world.”

¹¹ Man stelle sich ein Spiel und/oder digitales Bildungsangebot für kleinere Kinder vor. Die Frage, ob noch eine umfangreichere Interaktion des Kindes mit dem System wünschenswert ist, kann durchaus von der Uhrzeit abhängen; wie genau das gesteuert wird kann wiederum vom Tag der Woche abhängen.

2.3 Implementierung

Storyboards, wie sie in diesem Report behandelt werden, sind digitale Objekte, die in einer Datenbank liegen und dementsprechend manipuliert werden können. Wenn ein digitales System auf ein derartiges Storyboard zugreift, kann es dieses Storyboard lesen und schrittweise ausführen – *Storyboard Interpretation*.

Storyboard Interpretation Technology ist beginnend mit [JKG 2006] über [FJA 2013] und [AFJ 2013a, AFJ⁺ 2013b] bis zu [SSFB 2018, SSHM 2018] im praktischen Einsatz. Hier sollen nur die wichtigsten originären Ideen zusammengestellt werden.

Die entscheidende Idee der Storyboard Interpretation Technology stammt schon aus [Arn 1996] (wo sie allerdings etwas anders dargestellt wurde und wo es die Begriffe Szene und Episode noch nicht gibt): Episoden in Graphen werden erst dann expandiert, wenn sie sozusagen dran sind – zur *Ausführungszeit*. Variablen, die in Bedingungen für Verzweigungen bzw. für Substitutionen auftreten, haben evtl. zu Beginn noch gar keinen zugewiesenen Wert oder haben Werte, die sich im Laufe der Zeit und in Abhängigkeit vom Interaktionsverlauf ändern.

Es ist nachgewiesen, dass sich auf diese Art und Weise qualitativ mehr sowie qualitativ flexiblere Abläufe generieren lassen, als das mit herkömmlichen Methoden der Fall ist [Kir 1995].

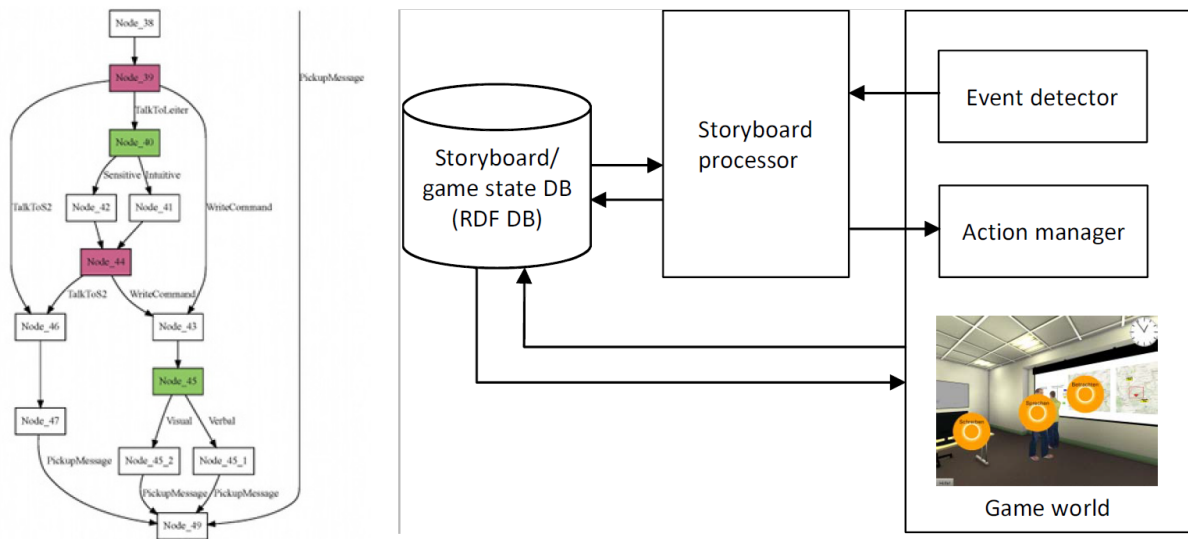


Abbildung 4: Auszug aus einem Storyboard und Architektur der Storyboard-Interpretation

Die Funktionsweise der Storyboard Interpretation Technology soll kurz und weitestgehend informal dargestellt werden.

Der Storyboard-Prozessor setzt zum Anfang einen Pointer auf den ersten Knoten des Top-Level-Storyboards \mathcal{G}_1 . Wenn ein Pointer auf eine Szene zeigt, wird deren operationale Semantik ausgeführt (ein Video gezeigt, Auswahl-Buttons angeboten, ...). Wenn ein Pointer auf eine Episode zeigt, wird ein Graph \mathcal{G}_j gesucht, dessen Substitutionsbedingungen erfüllt sind. Diese Episode wird durch diesen Graphen ersetzt und auf alle seine Eingangsknoten wird ein Pointer gesetzt. Das kann iteriert werden. Nach Beendigung der Ausführung einer Szene wird der Pointer entsprechend den annotierten Bedingungen entlang einer Kante weiter geschoben. Bei eventuell parallelen Fortsetzungen wird je Kante ein Pointer vorgerückt. Bei bestimmten Knoten (im Bild rot) trifft der Benutzer Entscheidungen, die im Benutzerprofil registriert werden. Bei alternativen Verzweigungen (grün) liest der Prozessor u.a. das Benutzerprofil und entscheidet personalisiert.

Die folgende Abbildung 5 zeigt links einen Ausschnitt aus einem Storyboard und rechts einen Screenshot (der schon in Abb. 4 auftaucht), welcher die Aktion des Systems im Knoten 100 visualisiert. Der Spieler/Lerner/Trainee hat die Wahl zwischen 3 Aktionen, die angezeigt werden.

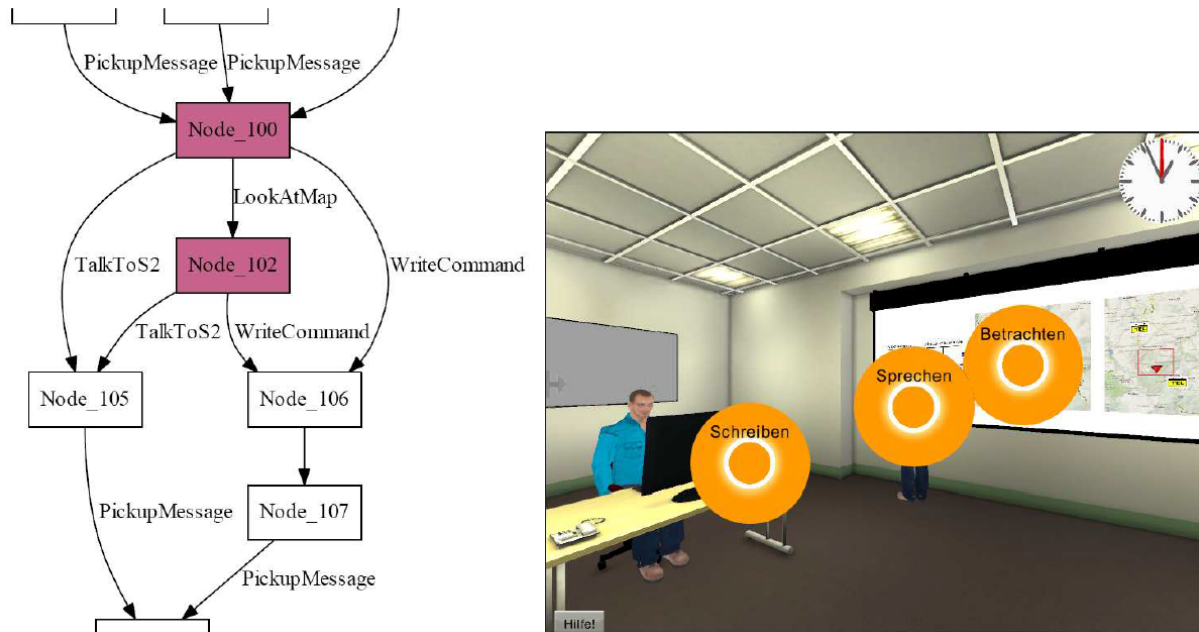


Abbildung 5: Storyboard Interpretation Technology und der Ansatz für Künstliche Intelligenz

Der Event Detector (siehe Abb. 4) registriert die Entscheidung des Spielers und informiert den Storyboard Processor, welcher den Pointer entsprechend umsetzt. Außerdem wird die Entscheidung herangezogen, um das Benutzerprofil zu aktualisieren¹². In dieser konkreten Situation ist das u.a. wichtig, weil ein Betrachten der Lagekarte nicht angemessen ist und unnötigen Zeitverlust bedeuten würde. Im Interaktionsverlauf kann auch detektiert werden, ob ein Trainee z.B. Entscheidungen immer so weit wie möglich vor sich her schiebt oder ob ein anderer versucht, Gesprächen mit Stabsmitgliedern aus dem Weg zu gehen.

In einem Krisenstab ist beispielsweise S2 (siehe Storyboard-Ausschnitt in Abbildung 5) für die Lage zuständig – Erfassung, Darstellung, Information, Dokumentation. Es hängt von der eingegangenen Nachricht ab, ob es wichtig ist, mit S2 zu sprechen oder nicht. Dementsprechend reflektiert das Benutzerprofil das Verständnis des Trainees.

Storyboard Interpretation Technology ermöglicht, ein Systemverhalten zu implementieren, das dynamisch auf den Interaktionsverlauf und auf das fortschreitende Verstehen der Stärken und Schwächen eines Trainees eingeht und jedem Spieler ein personalisiertes Erlebnis sichert. Charakteristisch ist die Entfaltung der antizipierten Alternativen zur Interaktionszeit.

In [Arn 1996] war die Dynamik motiviert durch den Fokus auf gestörte verfahrenstechnische Prozesse, über die der Natur nach immer nur unvollständige Information vorliegt. Beim Lehren, Lernen und Trainieren ist die unvermeidbare Unvollständigkeit der Information eine Konsequenz der Komplexität des Menschen und seiner Lernprozesse im Kontext seiner Individualität.

Die hier benutzten Illustrationen entstammen einer realen Anwendung zum Training von Krisenstäben [AFJ 2013a, AFJ⁺ 2013b]. Appendix C liefert weitere Details über die Anwendung.

¹² Hier ist nicht der Platz, ausführlich über Benutzermodellierung zu schreiben, obwohl auch das ein wichtiges Thema für Gamification durch Transformation ist, nämlich als unverzichtbare Grundlage der Personalisierung.

2.4 Evaluation

Es besteht kein Zweifel, dass Game Design im allgemeinen und Gamification im besonderen der Evaluation bedarf. Auch Evaluation, insbesondere formative, stellt ein komplexes Thema dar, dem man ganze Bücher widmen kann. Im vorliegenden Text soll darum, im Sinne der eingangs gewählten Kriterien für Eckpunkte der Fokus auf eine technologische Besonderheit gelegt werden, die aus dem originären Storyboarding-Ansatz hervorgeht und kurz *Plug & Play* genannt wird. Hier werden zwei einfache Darstellungen genügen; Variationen davon gibt es unzählige.

Betrachten wird im ersten Ansatz ein gerade in der Entwicklung befindliches Storyboard, das als hierarchisch strukturierte Familie von endlichen, gerichteten und annotierten Pin-Graphen aufgefasst wird und der Kürze halber in der Form $\mathcal{F} = \{\mathcal{G}_i\}_{i \in \{1, \dots, n\}}$ notiert wird. Wenn alle Bedingungen hinreichend präzise formuliert sind, kann man das Storyboard bereits interpretieren.

Mancher der Graphen \mathcal{G}_j repräsentiert eine bestimmte didaktische Idee. Sofern es dazu eine alternative Idee gibt, kann man sie als Graph \mathcal{G}'_j darstellen. Es liegt nahe, in \mathcal{F} einfach \mathcal{G}_j durch \mathcal{G}'_j zu ersetzen und zu testen, wie sich die Interaktionserlebnisse verändern; reinstecken und interpretieren – Plug & Play.

Die Veränderungen kann man sowohl quantitativ als auch qualitativ evaluieren, beispielsweise mit einer Fokusgruppe, die die variierenden Erlebnisse erörtert.

Derartiges Spielen mit didaktischen Konzepten ist natürlich auch mit einem bereits im Einsatz befindlichen Storyboard möglich. Das ist sogar besonders erfolgversprechend, weil man Einsichten, die erst im praktischen Einsatz gewonnen werden, in Variationen umsetzen und ihre Wirksamkeit erkunden kann.

Aber nicht nur mit den didaktischen Konzepten kann “gespielt” werden, sondern auch mit variierendem Material. Ist in einem konkreten Fall ein Text, ein Video oder eine Audio-Datei geeigneter, um bestimmte Informationen weiterzugeben? Sind die realitätsnahen oder eher die abstrakten Visualisierungen effektiver? Derartige Fragen gibt es unzählige.

Bei einem fertigen komplexen Storyboard lohnt es sich auch, auf die Struktur als Ganzes zu schauen (vgl. zur Illustration Appendix C). Sozusagen aus der Vogelperspektive kann die Frage, wo welche Inhalte und Formen konzentriert sind, nützliche Anregungen zur Verbesserung geben. Nehmen wir zur Veranschaulichung eine ganz einfache Frage her: Wo im Storyboard wird dem Trainee Information in Textform angeboten? Falls sich Texte an einer Stelle häufen, kann man sie durch Variationen (z.B. Audio-Dateien) ersetzen und via Plug & Play prüfen, wie das wirkt. Plug & Play ist ein Konzept der *explorativen Didaktik*.

Zur Diskussion eines zweiten Ansatzes nehmen wir wieder an, es sei ein ggf. noch in der Entwicklung befindliches Storyboard $\mathcal{F} = \{\mathcal{G}_i\}_{i \in \{1, \dots, n\}}$ gegeben.

Betrachten wir einen Graphen $\mathcal{G}_i = [V_i, E_i]$ aus \mathcal{F} und darin eine Episode $e \in E_i$, für die (mindestens) zwei alternative Substitutionen \mathcal{G}_r und \mathcal{G}_s mit den entsprechenden Einsetzungsbedingungen c_r bzw. c_s zur Verfügung stehen. Wird im Prozess der Interpretation die Episode e erreicht, d.h. der Storyboard Processor setzt den Pointer auf e , so muss $c_r \vee c_s$ gültig sein. Es kann sich lohnen, die beiden Bedingungen genauer anzusehen und ihre Bedeutung von Adaptivität, Didaktik, Spielerleben usw. zu beraten.

Verstärkt man die eine Bedingung und schwächt im Gegenzug die andere ab, so dass $c_r \vee c_s$ gültig bleibt, kann sich das Spielerleben spürbar ändern.

Beim sogenannten Plug & Play steckt man, sozusagen, nicht andere Graphen hinein, sondern nur andere Bedingungen mit Bezug zum Benutzerprofil, zur Interaktionshistorie, zum Kontext usw., wieder eine Variante von *explorativer Didaktik*; im Sinne von Donald Knuth, *we advance the art*.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Gamification ist ein Prozess der Transformation, der auf einer Vielzahl von Voraussetzungen aufbauen kann und aufbauen muss. In Mittelpunkt dieses Prozesses steht kreatives und komplexes Game Design, das auf einem tiefliegenden Verständnis der Erlebnisse digitalen Spielens beruht. Um innovative, attraktive und effektive Spielerlebnisse zu schaffen, stützt sich Gamification auf tieferliegende originäre Ideen und Konzepte – beispielsweise *Nichtlinearität* und *Nichtmonotonie* von Stories – und bedient sich fundierter Werkzeugtechnologien – digitales *Storyboarding* inkl. *Storyboard Interpretation Technology*. Storyboarding ist die Grundlage für die Integration der Kompetenzen aller beteiligten Experten weit variierender Provenienz sowie für die Beratung von ludologischen und didaktischen Konzepten und deren wechselseitige Abstimmung aufeinander. Storyboard Interpretation Technology mit dem originären Konzept des *Plug & Play* ist essentiell für die formative Evaluation. Funktional ermöglicht sie die Adaptivität und Personalisierung von Lern- und Trainingserlebnissen und ist damit der Schlüssel zu effektivem Lernen und Trainieren durch *Künstliche Intelligenz*.

Educational Gamification vermittelt der genannten originären Konzepte und Technologien verfügt auf absehbare Zeit über Alleinstellungsmerkmale.

Mit den im vorliegenden Report ausgearbeiteten Grundlagen kann ein Transformationsprozess der Gamification ohne Verzug in Angriff genommen werden.

Weitergehende Ansätze für sogenannte pervasive Games [MSW 2009] können mit dem Konzept des Storyboarding nach [JK 2005] für die Gamification erschlossen werden [JS 2013a, JS 2013b]. Das führt seinerseits zu Hierarchien von Spielkonzepten [AJS 2013], die zur Unterstützung der formativen Evaluation geeignet sind.

Literaturverzeichnis

[Alle Quellen, in denen der Autor dieses Reports als alleiniger Autor oder als Ko-Autor auftritt, stehen im Internet auf der Plattform ResearchGate zum kostenlosen Download zur Verfügung.]

- [AFJ 2013a] Sebastian Arnold, Jun Fujima, and Klaus P. Jantke. Storyboarding serious games for large-scale training applications. In Owen Foley, Maria Teresa Restivo, James Uhomobhi, and Markus Helfert, editors, *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2013, Aachen, Germany, May 6-8, 2013*, pages 651–655, 2013.
- [AFJ⁺ 2013b] Sebastian Arnold, Jun Fujima, Klaus P. Jantke, Andreas Karsten, and Harald Simeit. Game-based training for executive staff of professional disaster management: Storyboarding adaptivity of game play. In Deyao Tan, editor, *Proceedings of the International Conference on Advanced Information and Communication Technology for Education (ICAICTE 2013), Sept. 20-22, 2013, Hainan, China*, pages 68–73. Atlantis Press, 2013.
- [AJ 2018] Oksana Arnold and Klaus P. Jantke. Educational Gamification & Artificial Intelligence. ADICOM TECH REPORT 03-2018, ADICOM Software KG, Weimar, December 2018.
- [AJS 2013] Oksana Arnold, Klaus P. Jantke, and Sebastian Spundflasch. Hierarchies of pervasive games by storyboarding. In *Proceedings of the 5th International Games Innovation Conference (IGIC), Vancouver, BC, Canada, Sept. 23-25, 2013*, pages 8–15. IEEE Consumer Electronics Society, 2013.
- [Arn 1996] Oksana Arnold. *Die Therapiesteuerungskomponente einer wissensbasierten Systemarchitektur für Aufgaben der Prozeßführung*. St. Augustin: infix, 1996.
- [BH 2005] Staffan Björk and Jussi Holopainen. *Patterns in Game Design*. Hingham, MA, USA: Charles River Media, 2005.
- [Bog 2011] Ian Bogost. Gamification is bullshit. *The Atlantic*, August 2011. [<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/08/gamification-is-bullshit/243338/> letzter Zugriff am 26.11.2018].
- [Cho 2016] Yu-Kai Chou. *Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards*. Fremont, CA, USA: Octalysis Media, 2016.
- [DDKN 2011] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart E. Nacke. From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”. In *Proc. CHI’11, May 7-12, 2011, Vancouver, BC, Canada*, pages 1–4, 2011.
- [DSTK 2006] Shinichi Dohi, Yoshitaka Sakurai, Setsuo Tsuruta, and Rainer Knauf. Managing academic education through dynamic storyboarding. In T. Reeves and S. Yamashita, editors, *Proc. E-Learn 2006, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education, October 13-17, 2006, Waikiki Beach, Honolulu*, pages 1611–1619, 2006.

- [FJA 2013] Jun Fujima, Klaus P. Jantke, and Sebastian Arnold. Digital game playing as storyboard interpretation. In *Proceedings of the 5th International Games Innovation Conference (IGIC), Vancouver, BC, Canada, Oct. 1-4, 2013*, pages 64–71. IEEE Consumer Electronics Society, 2013.
- [Fle 1996] Karl-Heinz Flehsig. *Kleines Handbuch didaktischer Modelle*. Eichenzell: Neuland, 1996.
- [Jan 2006a] Klaus P. Jantke. Eine Taxonomie für Digitale Spiele. Diskussionsbeiträge 26, TUI IfMK, Dezember 2006.
- [Jan 2006b] Klaus P. Jantke. Games that do not exist (Invited Talk). In Rob Pierce and John Stamey, editors, *24th ACM International Conference on Design of Communication, SIGDOC'06, October 18-20, 2006, Myrtle Beach, South Carolina, USA*, pages 35–42. ACM, 2006.
- [Jan 2006c] Klaus P. Jantke. Layered Languages of Ludology: The Core Approach. Diskussionsbeiträge 25, TUI IfMK, November 2006.
- [Jan 2007] Klaus P. Jantke. Jostle 2007. Diskussionsbeiträge 29, TUI IfMK, February 2007.
- [Jan 2009a] Klaus P. Jantke. Dramaturgical design of the narrative in digital games: AI planning of conflicts in non-linear spaces of time. In *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games, Sept. 7-10, 2009, Milano, Italy*, pages 88–95. IEEE Press, 2009.
- [Jan 2009b] Klaus P. Jantke. The evolution of story spaces of digital games beyond the limits of linearity and monotonicity. In I.A. Iurgel, N. Zagalo, and P. Petta, editors, *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Storytelling, Dec. 9-11, 2009, Erfurt, Germany*, number 5915 in LNCS, pages 308–311. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, 2009.
- [Jan 2010a] Klaus P. Jantke. Dynamische Planung & Dynamische Pläne. Report KiMeRe-2010-04, Fraunhofer IDMT, Abtlg. Kindermedien, Juli 2010.
- [Jan 2010b] Klaus P. Jantke. The Gorge approach. Digital game control and play for playfully developing technology competence. In José Cordeiro, Boris Shishkov, Alexander Verbraeck, and Markus Helfert, editors, *CSEDU 2010. 2nd International Conference on Computer Supported Education, Proc., Vol. 1, Valencia, Spain, April 7-10, 2010*, pages 411–414. INSTICC, 2010.
- [Jan 2010c] Klaus P. Jantke. Neue Spielideen für neue Lerneffekte. Report KiMeRe-2010-01, Fraunhofer IDMT, Abtlg. Kindermedien, Januar 2010.
- [Jan 2013] Klaus P. Jantke. Pedagogical patterns and didactic memes for memetic design by educational storyboarding. In Oksana Arnold, Wolfgang Spickermann, Nicolas Spyrtatos, and Yuzuru Tanaka, editors, *Webble Technology, First Webble World Summit, WWS 2013, Erfurt, Germany, June 2013*, volume 372 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 143–154. Springer, 2013.

- [Jan 2015] Klaus P. Jantke. Time Travel Games – ein Konzept zur Kriminalprävention durch faszinierende Spielerlebnisse. <http://www.praeventionstag.de/nano.cms/vortraege/id/3091> [letzter Zugriff: 28.12.2018], 2015.
- [Jan 2018] Klaus P. Jantke. No Thrill – No Skill. Ein systematischer Zugang zum Konzept Gamification. ADICOM TECH REPORT 02-2018, ADICOM Software KG, Weimar, November 2018.
- [JHLN 2010] Klaus P. Jantke, Imke Hoppe, Denise Lengyel, and Alexandra Neumann. Time to play Gorge – Time to learn AI: A qualitative study. In Sybille Hambach, Alke Martens, Djamshid Tavangarian, and Udo Urban, editors, *eLearning Baltics 2010, Proc. 3rd Intl. eLba Science Conference*, pages 99–110. Fraunhofer Verlag, 2010.
- [JK 2005] Klaus P. Jantke and Rainer Knauf. Didactic design through storyboarding: Standard concepts for standard tools. In Beate R. Baltes, Lilian Edwards, Fernando Galindo, Jozef Hvorecky, Klaus P. Jantke, Leon Jololian, Philip Leith, Alta van der Merwe, John Morison, Wolfgang Nejdil, C. V. Ramamoorthy, Ramzi Seker, Burkhard Shaffer, Iouliia Skliarova, Valery Sklyarov, and John Waldron, editors, *Proceedings of the 4th International Symposium on Information and Communication Technologies, Cape Town, South Africa, January 3–6, 2005*, pages 20–25. Computer Science Press, Trinity College Dublin, Ireland, 2005.
- [JK 2012] Klaus P. Jantke and Rainer Knauf. Taxonomic concepts for storyboarding digital games for learning in context. In Markus Helfert, Maria Joao Martins, and Jose Cordeiro, editors, *4th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2012), April 16-18, 2012, Porto, Portugal*, volume 2, pages 401–409. SciTePress, 2012.
- [JKG 2006] Klaus P. Jantke, Rainer Knauf, and Avelino J. Gonzalez. Storyboarding for playful learning. In Thomas Reeves and Shirley Yamashita, editors, *E-Learn 2006, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education, Honolulu, HI, USA, Oct. 17-20, 2006*, pages 3174–3182. Chesapeake, VA: AACE, 2006.
- [JS 2013a] Klaus P. Jantke and Sebastian Spundflasch. Storyboarding pervasive learning games. In Deyao Tan, editor, *Proceedings of the International Conference on Advanced Information and Communication Technology for Education (ICAICTE 2013), Sept. 20-22, 2013, Hainan, China*, pages 42–53. Atlantis Press, 2013.
- [JS 2013b] Klaus P. Jantke and Sebastian Spundflasch. Understanding pervasive games for purposes of learning. In Owen Foley, Maria Teresa Restivo, James Uhomobhi, and Markus Helfert, editors, *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2013, Aachen, Germany, May 6-8, 2013*, pages 696–701, 2013.
- [KBST 2008] Rainer Knauf, Ronald Böck, Yoshitaka Sakurai, and Setsuo Tsuruta. A priori evaluation and refinement of curricula by data mining over storyboards. In *Florida AI Research Society Conference*, pages 325–330, 2008.

- [Kir 1995] Daniel Kirsten. Properties of formal languages of therapy plans created by graph grammars. In Martin Kutrib and Thomas Worsch, editors, 5. *Theorietag "Automaten und Formale Sprachen"*, 28./29. September 1995, Schloss Rauischholzhausen, number 9503 in Bericht, pages 132–142. Justus-Liebig-Universität Giessen, 1995.
- [KJ 2006] Rainer Knauf and Klaus P. Jantke. Storyboarding – An AI technology to represent, process, evaluate, and refine didactic knowledge. In K. P. Jantke & G. Kreuzberger, editor, *Knowledge Media Technologies. First International Core-to-Core Workshop*, number 21 in TUI IfMK Diskussionsbeiträge, pages 170–179. TU Ilmenau, 2006.
- [KJ 2014] Jacqueline Krebs and Klaus P. Jantke. Methods and technologies for wrapping educational theory into serious games. In Susan Zvacek, Maria Teresa Restivo, James Uhomoibhi, and Markus Helfert, editors, *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2014, Barcelona, Spain, May 1-3, 2014*, pages 497–502. SCITEPRESS, 2014.
- [Knu 1987] Donald E. Knuth. Computer programming as an art. In Robert L. Ashenurst and Susan Graham, editors, *ACM Turing Award Lectures. The First Twenty Years. 1966 to 1985*, ACM Anthology Series, pages 33–46. New York, NY, USA: ACM Press, 1987.
- [KSTJ 2010] Rainer Knauf, Yoshitaka Sakurai, Setsuo Tsuruta, and Klaus P. Jantke. Modeling didactic knowledge by storyboarding. *Journal of Educational Computing Research*, 42(4):355–383, 2010.
- [LACA 2018] Richard N. Landers, Elena M. Auer, Andrew B. Collmus, and Michael B. Armstrong. Gamification science, its history and future: Definitions and a research agenda. *Simulation & Gaming*, 49(3):315–337, 2018.
- [Len 2009] Carsten Lenerz. Layered Languages of Ludology – eine Fallstudie. In Anja Beyer and Gunther Kreuzberger, editors, *Digitale Spiele – Herausforderung und Chance*, pages 39–52. Boitzenburg: vvh, 2009.
- [MSW 2009] Markus Montola, Jaakko Stenros, and Anika Wærn, editors. *Pervasive Games: Theory and Design*. Morgan Kaufman Publishers/Elsevier, 2009.
- [Ped 2012] Pedagogical Patterns Advisory Board, editor. *Pedagogical Patterns: Advice for Educators*. Joseph Bergin Software Tools, 2012.
- [Rab 1999] Peter Rabenalt. *Filmdramaturgie*. Berlin: VISTAS Verlag, 1999.
- [SSFB 2018] Jacqueline Schuldt, Stefan Sachse, Susanne Friedemann, and Kati Breitbarth. The Experimento Game: Enhancing a players’ learning experience by embedding moral dilemmas in serious gaming modules. In Bruce McLaren, Rob Reilly, Susan Zvacek, and James Uhomoibhi, editors, *Proc. 10th Intl. Conf. Computer Supported Education, CSEDU 2018, March 15-17, 2018, Funchal, Madeira, Portugal*, volume 2, pages 78–88. Setúbal: SCITEPRESS, 2018.

- [SSHM 2018] Jacqueline Schuldt, Stefan Sachse, Verena Hetsch, and Kevin John Moss. The Experimento Game: Enhancing a players' learning experience by embedding moral dilemmas in serious gaming modules. In Michael E. Auer, editor, *Online Engineering & Internet of Things, Proc. 14th Intl. Conf. Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2017, 15-17 March 2017, Columbia University, New York, USA*, volume 22 of *Lecture Notes in Networks and Systems*, pages 561–569. Springer, 2018.
- [SZ 2004] Katie Salen and Eric Zimmerman. *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge, MA, USA and London, England: The MIT Press, 2004.
- [Wel 1895] Herbert G. Wells. *The Time Machine*. William Heinemann, 1895.
- [Win 2016] Johannes Winter. *Konzeption eines Time Travel Prevention Games für die Einbruchsprävention*. Master Thesis, Hochschule Furtwangen University, Fakultät Digitale Medien, 2016.
- [WJ 2014] Johannes Winter and Klaus P. Jantke. Formal concepts and methods fostering creative thinking in digital game design. In *3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), Oct. 7-10, 2014, Makuhari Messe, Tokyo, Japan*, pages 483–487. IEEE Consumer Electronics Society, 2014.

Appendix A: Time Travel Prevention illustriert

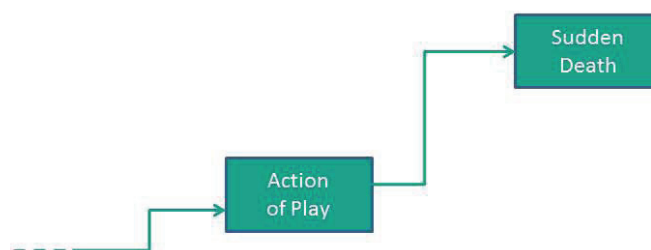
Es folgen die Folien 9 bis 17 der Präsentation von [WJ 2014] im Format der Handouts mit jeweils 2 Folien auf einer Seite.

Playful Introduction: SHADOWS OF DESTINY

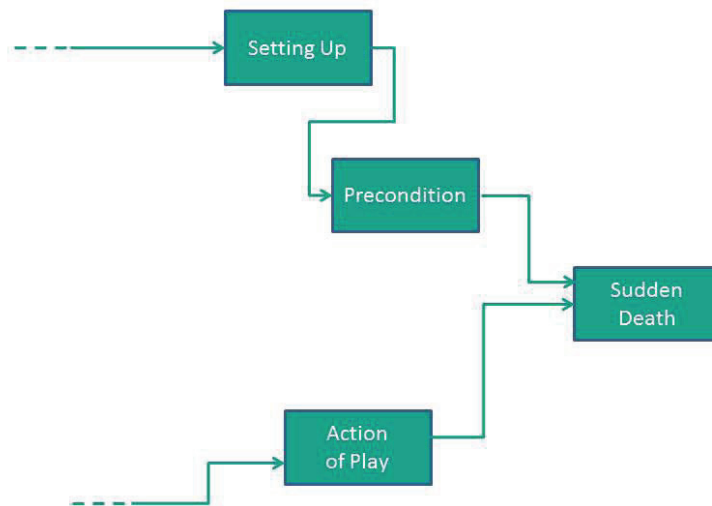
The Death on the Road Case

- [sudden death on the road]
- [*some interlude*]
- [time travel backward]
- [*some interlude*]
- [inviting people to the square]
- [*some interlude*]
- [time travel forward]
- [*some interlude*]
- [surviving the time of fate]

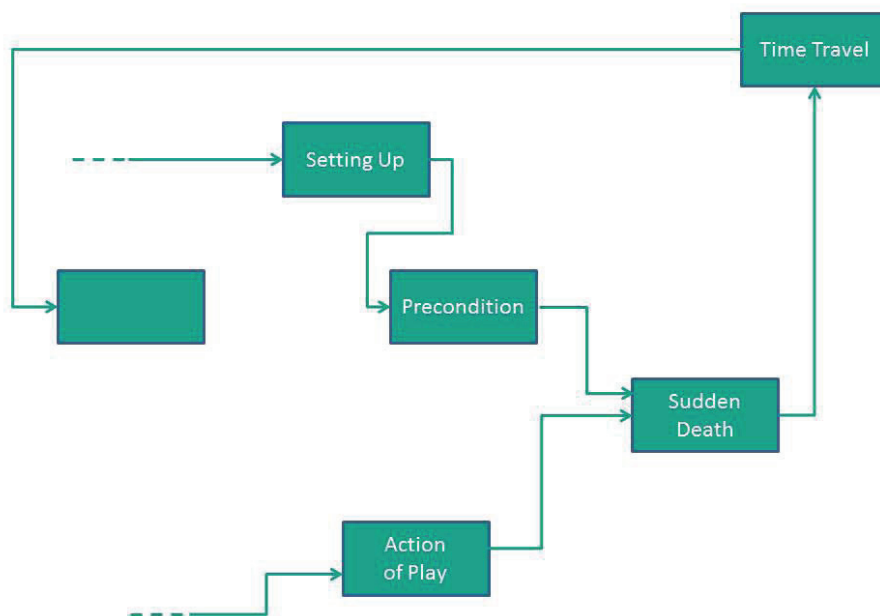
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



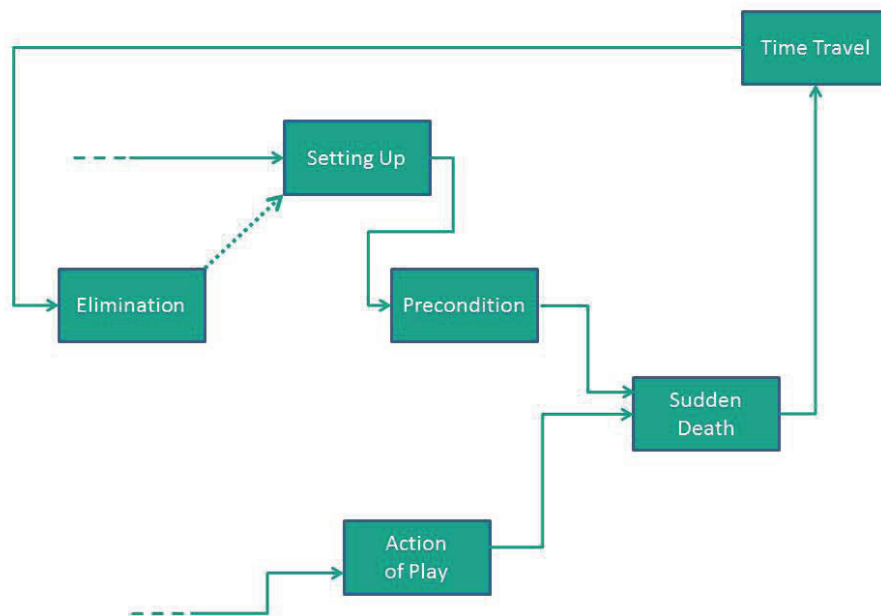
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



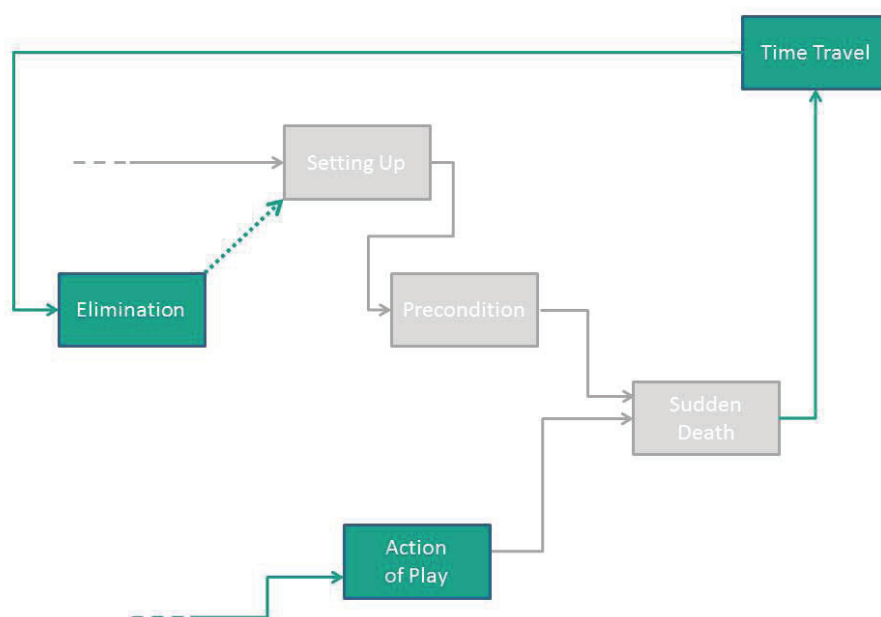
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



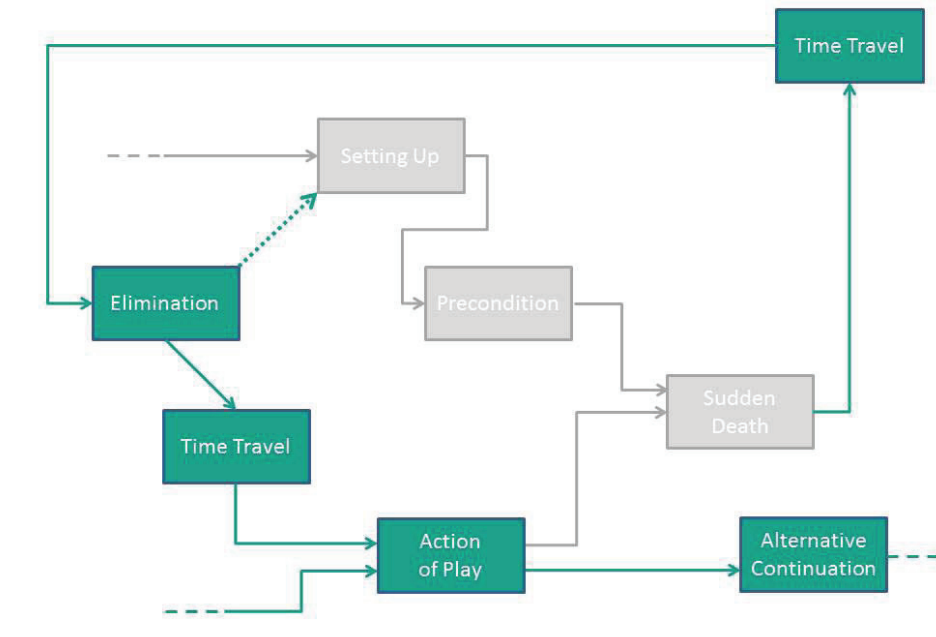
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



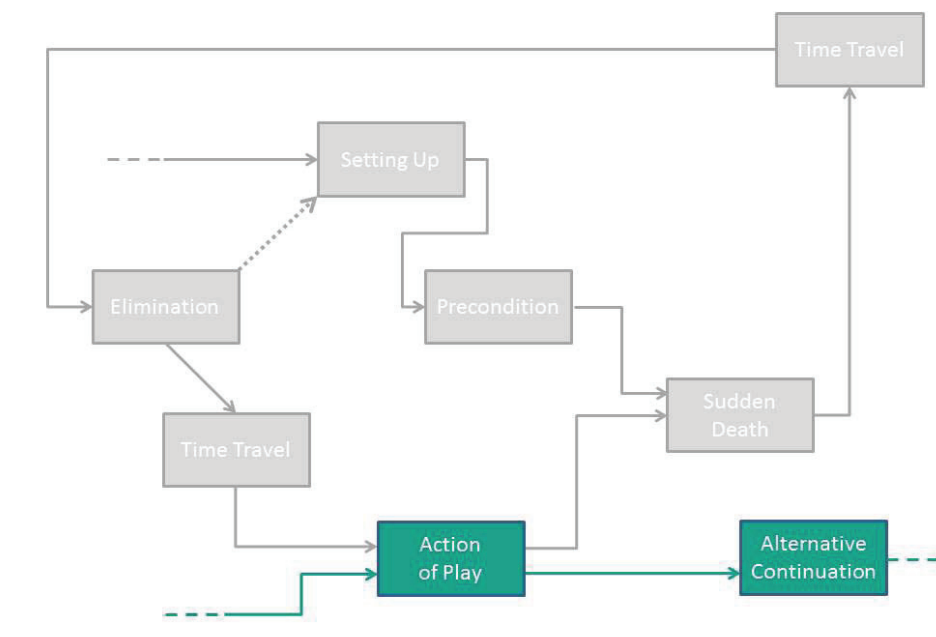
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



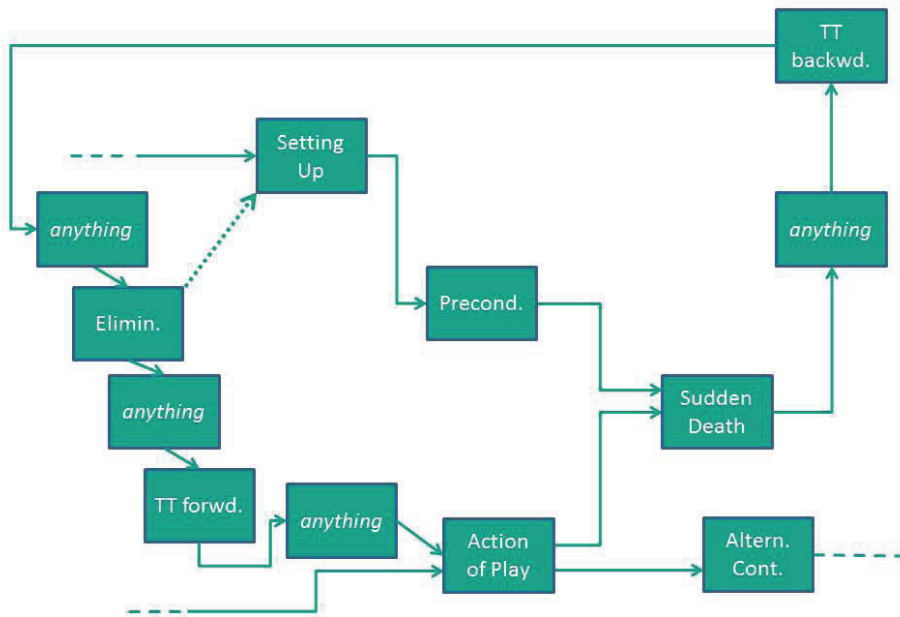
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



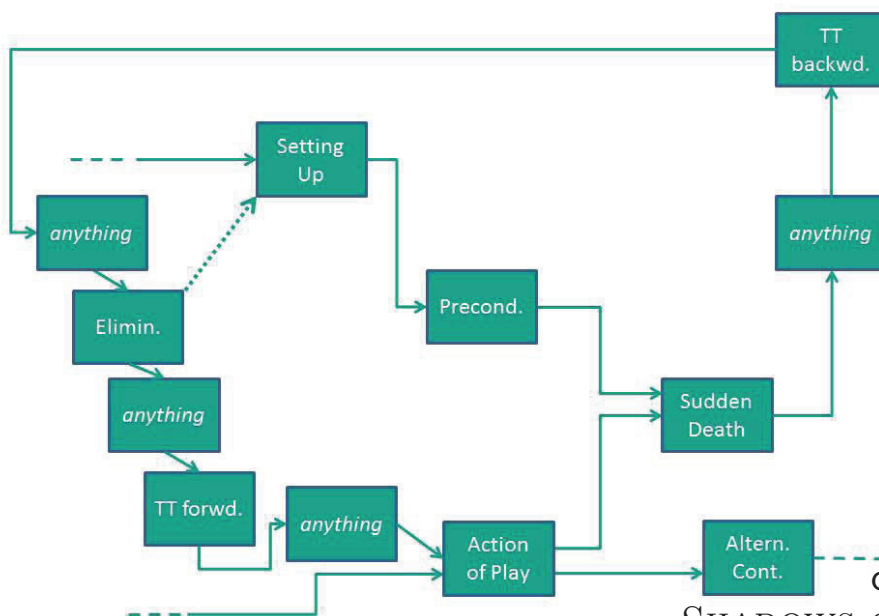
Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



Formal Methods Exemplified: Storyboard Patterns



This is the **key pattern** characterizing SHADOWS OF DESTINY.

Appendix B: Storyboarding und Didaktik illustriert

Die folgenden beiden Storyboards stammen aus [Jan 2013], Seite 149, Abbildungen 4 und 5. Sie werden dort benutzt um didaktische Alternativen eines Konzepts zu diskutieren, das in [Ped 2012] als "Built-In Failure" bezeichnet wird, aber dort nicht ausreichend präzisiert ist.

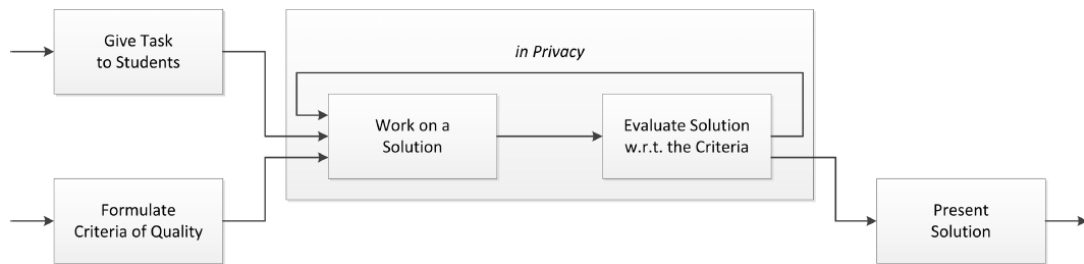


Abbildung 6: Abbildung 4 aus [Jan 2013] zur didaktischen Diskussion und Präzisierung

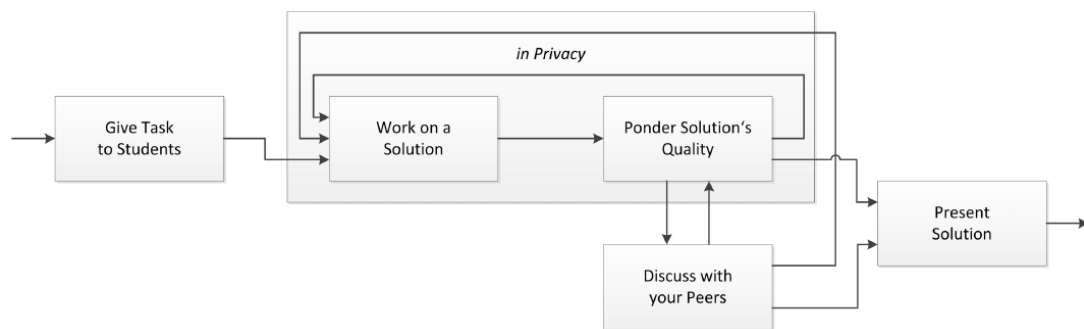


Abbildung 7: Abbildung 5 aus [Jan 2013] zur didaktischen Diskussion und Präzisierung

Die Unterschiede solcher Storyboard-Varianten können von Domänenexperten, Didaktikern, Mediengestaltern, Entwicklern und anderen erörtert werden, um zu klären, was gebraucht bzw. gewollt ist und was realisiert werden soll.

Appendix C: Storyboarding und Künstliche Intelligenz illustriert

Folgende Abbildung aus [AFJ 2013a] zeigt das vollständige Top-Level-Storyboard einer Rolle im Krisenstab im Rahmen des Trainingsmoduls Stabslehre(TrAST). Wichtig sind nicht die Details,

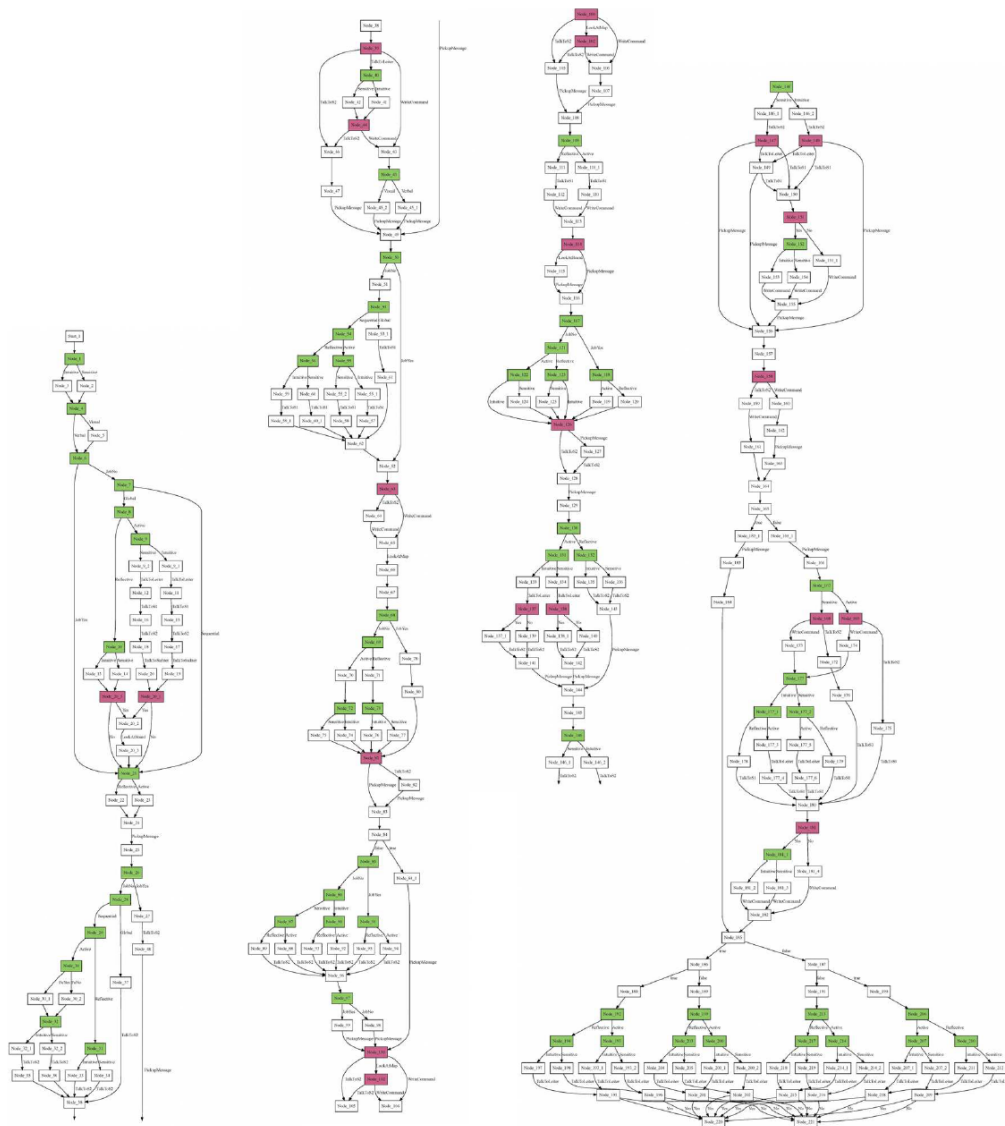


Abbildung 8: Abbildung 4 aus [Jan 2013] zur didaktischen Diskussion und Präzisierung

die ohne weitere Informationen nicht verständlich sein können. Vielmehr geht es um die visuelle Hervorhebung des Storyboards inkl. Storyboard Interpretation Technology für die Realisierung von Künstlicher Intelligenz, wovon Effizienz und Effektivität des Trainings durch Personalisierung der Erlebnisse profitiert.

An den rot hervorgehobenen Stellen lernt das System etwas über den Trainee und an den grünen Stellen verhält es sich benutzeradaptiv. Zu Beginn beruht die konkrete Anpassung allein auf den Anmeldungsdaten. Im Trainingsprozess fließen mehr und mehr Erkenntnisse aus dem Benutzerverhalten ein und das Trainingserlebnis wird hochgradig individualisiert.

Liste der ADICOM TECH REPORTS

- 01-2018 Klaus P. Jantke, Sebastian Drefahl & Oksana Arnold
The Power and the Limitations of Concepts for Adaptivity and Personalization
Characterized by Benchmarks of Inductive Inference
Version 1.00, 31.10.2018, öffentlich / public
- 02-2018 Klaus P. Jantke
No Thrill – No Skill. Ein systematischer Zugang zum Konzept Gamification
Version 1.00, 26.11.2018, öffentlich / public
- 03-2018 Oksana Arnold & Klaus P. Jantke
Educational Gamification & Artificial Intelligence
Version 1.00, 17.12.2018, öffentlich / public
- 04-2018 Klaus P. Jantke
Konzepte und Technologien der Gamification durch Transformation
Version 1.00, 28.12.2018, vertraulich / confidential