

# Use-Cases zur Validierung generischer Adaptiver Ansätze

Tim Hussein, Daniel Münter, Werner Gaulke

{tim.hussein, daniel.muenter, werner.gaulke}@uni-due.de

**Abstract:** Es gibt eine Vielzahl an adaptiven Systemen, Frameworks oder Modellen, die den Anspruch aufstellen, generisch anwendbar zu sein. Ist eine Evaluation oder Validierung derartiger Systeme ohnehin schon anspruchsvoll, so ist der Nachweis der generellen Anwendbarkeit eine noch größere Herausforderung. In diesem Artikel werden vier Use-Cases vorgestellt, mit denen derartige Ansätze auf ihre allgemeine Anwendbarkeit hin untersucht werden können. Ist es möglich, alle vier Szenarien mit dem Ansatz abzubilden bzw. umzusetzen, so kann der Anspruch auf allgemeine Anwendbarkeit aufrecht erhalten werden.

## 1 Über adaptive Systeme und deren Evaluation

Die Bandbreite adaptiver Systeme ist äußerst vielfältig. Es existiert eine Reihe von Definitionen, was genau ein adaptives System ausmacht, auf die wir an dieser Stelle aber aus Platzgründen verzichten wollen. Gemeinsam ist den meisten Definitionen, dass es sich bei adaptiven Systemen um derartige Hard- oder Softwareprodukte handelt, welche sich selbst zur Laufzeit an die jeweiligen Nutzer oder die Umwelt anpassen können.

Bezüglich der Art oder den Zielen einer solchen Anwendung sind allerdings kaum Grenzen gesetzt. So kann ein intelligenter Beleuchtungsmechanismus im Automobil unter Umständen ebenso als adaptiv bezeichnet werden wie eine kooperative Lernumgebung oder ein Web-Shop mit Empfehlungsfunktionalitäten.

Der Bedarf an adaptiven Lösungen ist unbestritten hoch; das Angebot an Lösungen ebenso. Zum großen Teil handelt es sich dabei um Spezialanwendungen, welche zum Ziel haben, für ein ganz bestimmtes Problem eine auf den jeweiligen Nutzer oder die entsprechende Umwelt passgenaue Lösung zu liefern.

Derartige Ansätze können auf unterschiedliche Art und Weise evaluiert werden, jeweils abhängig vom spezifischen Einzelfall. Generell bieten sich dabei beispielsweise Nutzerbefragungen an oder grundsätzliche Methoden aus dem Bereich der HCI wie *Cognitive Walkthrough* oder *Wizard-of-Oz-Simulationen*. Sind die durchgeführten Aufgaben eher selektiver Natur, können auch Metriken aus den Bereichen des Maschinellen Lernens oder des Information Retrieval zum Einsatz kommen wie *Precision & Recall*. Ein weiteres Mittel können Simulationen mit Hilfe standardisierter Datensätze sein wie beim viel zitierten *Netflix-Price*<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Ziel dieses Wettbewerbs war es, den Empfehlungsalgorithmus des Videoverleihs *Netflix* signifikant zu übertreffen. Das Preisgeld von \$ 1 Mio. wurde 2009 ausgeschüttet.

Eine Übersicht zum Thema Evaluationstechniken für adaptive Systeme findet sich beispielsweise in [DFAB04], [Gen05], [Wei03] oder [TA08]. Die Ansätze haben gemeinsam, dass sie auf die Evaluierung eines dedizierten Systems abzielen. Da Frameworks jedoch darauf ausgerichtet sind, möglichst generisch einsetzbar zu sein, wird eine Methodik benötigt, mit der die Verwendbarkeit des Frameworks überprüfbar ist. Im nachfolgenden Abschnitt wird hierfür ein Ansatz vorgestellt.

## 2 Validierung generischer Ansätze

Neben den angesprochenen Speziallösungen wurden auch eine Reihe generischer Frameworks oder Modelle vorgestellt, welche den Anspruch der allgemeinen Anwendbarkeit erheben. Dazu zählen beispielsweise AHA! [BC98] und weitere [HGB07, FLN<sup>+</sup>09]. Ein generisches konzeptionelles Modell für Adaptive Systeme wird vorgestellt von Haake et al. [JHJL<sup>+</sup>10].

Doch was genau zeichnet einen generischen Ansatz aus? Wie kann überprüft werden, ob eine allgemeine Anwendbarkeit tatsächlich gegeben ist? Statt ein oder zwei willkürliche Beispiele zu wählen und daraus auf auf Generizität zu schließen, schlagen wir ein systematisches Vorgehen vor.

Zuerst stellt sich hier die Frage, welche Arten von Adaptiven Systemen es überhaupt gibt. Andersson et al. (2009) stellen eine Klassifikation vor, mit der derartige Systeme in den Dimensionen *Ziele*, *Veränderungen*, *Mechanismen* und *Effekte* detailliert eingeordnet werden können. Im Einzelnen werden die folgenden Kriterien untersucht:

### Ziele

- Evolution (*statisch vs. dynamisch*): Ändern sich die Ziele während der Benutzung?
- Flexibilität (*starr vs. eingeschränkt vs. flexibel*): Wie flexibel sind die Ziele?
- Dauer (*temporär vs. persistent*): Wie dauerhaft sind die Ziele?
- Anzahl (*einfach vs. mehrfach*): Wie viele Ziele gibt es?
- Abhängigkeit (*abhängig vs. unabhängig*): Sind die Ziele voneinander abhängig?

### Veränderungen

- Quelle (*extern vs. intern*): Wo geschieht die Veränderung?
- Art (*funktional vs. non-funktional vs. technologisch*): Von welcher Natur ist die Veränderung?
- Frequenz (*selten vs. häufig*): Wie häufig gibt es Veränderungen in der Anwendung/Umgebung?
- Antizipierbarkeit (*vorausgesehen vs. vorhersehbar vs. unvorhersehbar*): Können Veränderungen vorhergesehen werden?

### Mechanismen

- Typ (*parametrisch vs. strukturell*): Wie greift die Adaption ins System ein?

- Autonomie (*automatisch vs. semi-automatisch*): Zu welchem Grad geschieht die Adaption selbstständig?
- Organisation (*zentralisiert vs. verteilt*): Wo liegen die Komponenten, die zuständig sind für die Adaption?
- Gültigkeitsbereich (*lokal vs. global*): Wo geschieht die Adaption?
- Dauer (*kurz- vs. mittel- vs. langfristig*): Wie lange hält die Adaption an?
- Pünktlichkeit (*bestmöglich vs. garantiert*): Kann eine rechtzeitige Adaption garantiert werden?
- Auslöser (*ereignis- vs. zeitgesteuert*): Wie wird die Adaption ausgelöst?

### Effekte

- Gefährlichkeit (*harmlos vs. ziel- vs. sicherheitsgefährdend*): Wie sind die Folgen, falls die Adaption fehlschlägt?
- Vorhersehbarkeit (*unsicher vs. vorhersehbar*): Sind die Folgen der Adaption absehbar?
- Overhead (*unbedeutend vs. gefährdend*): Was bedeutet die Adaption für den Fortlauf des Systems?
- Belastbarkeit (*belastbar vs. verletzlich*): Wie belastbar ist das System durch Adaptionen?

Die möglichen Ausprägungen der Kategorien sind in Tabelle 1 abgebildet. Wir stellen nun vier Use-Cases vor, die alle möglichen Ausprägungen abdecken und somit als eine mögliche Kombination vollständiger Testfälle für Adaptive Systeme angenommen werden können.

## 3 Use-Cases zur Validierung

Damit ein Modell oder Framework den Anspruch erheben kann, generisch und im Sinne von Andersson et al. (2009) allgemein anwendbar zu sein, müsste es gegen unterschiedliche Anwendungsszenarien validiert werden, die zusammen genommen alle Ausprägungen adaptiver Systeme abdecken. Wir stellen nun vier Szenarien vor, die in ihrer Gesamtheit diese Kriterien abdecken. Daraus schließen wir: Sobald ein Ansatz all diese vier Fälle abdeckt (oder eine vergleichbare Kombination), dann kann dieser Ansatz als generisch angesehen werden.

### 3.1 Empfehlungen innerhalb eines Web-Shops

Als ersten Use-Case für ein Adaptives System schlagen wir einen Web-Shop vor, welcher in unterschiedlichen Bereichen der Webseite Empfehlungen anzeigt (vergleichbar mit Amazon). Hierbei sind die Ziele *statisch*, da sie während der Einkaufssitzung in der Regel gleich bleiben; allerdings durchaus *flexibel* (häufig ist es auch ok, wenn statt des eigentlich

vorgesehenen Artikels eine Alternative gekauft wird). Das übergeordnete Ziel, nämlich einen bestmöglichen Einkauf zu tätigen, bleibt *persistent* und ist in der Regel das *einzig*e Ziel. Von einer Abhängigkeit kann daher *nicht* gesprochen werden.

Die Veränderungen geschehen *systemintern*, da äußere Einflüsse typischerweise keine Rolle spielen. Die Veränderungen sind dabei typischerweise *non-funktional*, da sich in erster Linie die Parameter ändern (Käufe, Klicks, Bewertungen). Diese passieren aber relativ *häufig*, sofern man einen Klick auf ein Item als Interessensbekundung wertet. Worauf ein Nutzer jeweils klickt oder wofür er sich interessiert, ist relativ *unvorhersehbar*.

Die Veränderungen greifen nur *parametrisch* ins System ein (z.B. Verschiebung der Präferenzen) und geschehen typischerweise *automatisch*, also ohne zusätzliche Bestätigung durch den Nutzer. Die Anpassungen geschehen hier *verteilt*, da jeder der anzuzeigenden Blöcke typischerweise von anderen Adaptionsmechanismen gesteuert wird (z.B. ein Bereich für kollaborativ gewonnene Produktempfehlungen, ein weiterer für ähnliche Artikel bzgl. der Attribute, etc.). Die Veränderungen geschehen weitgehend *lokal*, da sie nur sehr geringen Einfluss auf andere Nutzer haben, sind aber durch die fortlaufende Anpassung der Nutzerprofile *langfristig* ausgerichtet. Da die Anpassungen "zwischen den Klicks" geschieht, ist die Adaption *garantiert*. Diese Klicks lösen jeweils die Adaptionen aus; diese sind also *ereignisgesteuert*.

Falsche Anpassungen (Empfehlungen) sind nicht kritisch, also *harmlos*, können aber aufgrund der Komplexität der üblicherweise eingesetzten Algorithmen nicht so einfach vorhergesehen werden (*unsicher*). Für den Fortlauf des Systems ist die Berechnung der Empfehlungen unter Umständen *gefährdend*, da derartige Portale häufig vollständig adaptiv gestaltet sind und somit keine Seite generiert werden könnte. Ungünstige Adaptionen gefährden das System hingegen nicht, daher kann es als *belastbar* bezeichnet werden.

### 3.2 Ein intelligentes Navigationssystem

In diesem Use-Case werden unterschiedliche Kontextinformationen (z.B. aktuelle Position, Restreichweite des Fahrzeugs oder persönliche Präferenzen des Fahrers) zur intelligenten Navigationsunterstützung verwendet, um dem Fahrer Services (z.B. die nächstgelegenen Tankstellen mit den günstigsten Preisen oder eine Übernachtungsmöglichkeit entlang der Routenführung, die die besten Bewertungen erhalten und den günstigsten Preis hat) zu empfehlen.

Die Ziele sind hierbei *dynamisch*, da sich die Kontextinformationen regelmäßig ändern und so jeweils neue Teilziele begründen. Da alle Empfehlungen von bestimmten Bedingungen *abhängen* (Tankstelle preislich ok, sofern sie noch erreichbar ist. Hotel ok, falls durchweg gute Bewertungen usw.), ist die Flexibilität *eingeschränkt*. Während die Ziele auf regelmäßigen Fahrten i.d.R. *starr* bleiben, generieren unbekannte Routen häufig neue, *temporäre* Ziele. Dabei werden normalerweise *mehrere* Ziele gleichzeitig verfolgt. Die Ziele können ggf. voneinander *abhängen* (z.B. Shopping-Empfehlungen in der Umgebung von Tankstellen, wenn tanken das Primärziel ist).

Sowohl *interne* (z.B. Interessen oder Fahrzeugzustand) als auch *externe* Faktoren (z.B.

Ort, Lichtverhältnisse oder Wetter) verursachen Veränderungen, die sowohl *funktionaler* als auch *technologischer* (z.B. Abnahme der Tank-Füllmenge oder Abnutzung der Reifen) Art sind und *häufig* auftreten, da sich während einer Fahrt die Kontextinformationen ständig verändern. Bis auf wenige, ungeplante Fahrtunterbrechungen, wie bspw. eine kurzfristige Pausenplanung, sind derartige Veränderungen eher *vorhersehbar* (Konfiguration ist bekannt). Zumeist können sie sogar als *vorausgesehen* angenommen werden (es ist bspw. bekannt, dass ein Kraftfahrzeug nur eine begrenzte Reichweite hat und daher regelmäßig betankt werden muss).

Bei einer Anpassung ändert sich das System nicht, die Änderung ist *parametrisch*. Es wird lediglich die Route angepasst. Das System reagiert *automatisch* hinsichtlich der Ereignisbehandlung bei neuen Kontextinformationen. Zur Auswahl der autonom angebotenen Möglichkeiten wird das System jedoch *semi-automatisch*. Die Adaption wird durch eine *zentrale* Instanz (z.B. ein Server) organisiert. Nur einzelne Bereiche des Navigationssystems werden anders dargestellt, die Adaption geschieht also *lokal* und ist *kurzfristig*, da sich die Kontextinformationen oft ändern. Eine rechtzeitige Umsetzung der Änderungen kann *nicht garantiert* werden, da die notwendigen Daten von verschiedenen Webdiensten abgefragt werden müssen. Änderungen der Kontextinformationen lösen Adaptionen aus, d.h. die Aktion wird *ereignisgesteuert* ausgelöst.

Schlägt die Adaption fehl, könnte das System eine ungünstige Route vorschlagen, die letztlich zu Mehrkosten bzw. -Zeit führt. Insofern sind die Effekte *zielgefährdend*. Die Folgen der Adaption sind dagegen *vorhersehbar*, da eher überschaubare Adaptionsmechanismen eingesetzt werden. Für den Fortlauf des Systems ist die Adaption *gefährdend*. Im Problemfall könnte ggf. gar keine Route bzw. eine veraltete (mit Stau o.ä.) angezeigt werden. Im ungünstigsten Fall könnte das Navigationsgerät unbrauchbar werden, weshalb es als *verletzlich* einzustufen ist.

### 3.3 Unterstützung für Meetings

In diesem Use-Case geht es um die Unterstützung virtueller Meetings mit Bereichen auf denen gemeinsame Dokumente angezeigt werden können sowie Bereiche für persönliche Zusatzinformationen (Kalender, etc.).

Die Ziele sind hierbei *dynamisch* und *flexibel*, da sie sich im Laufe einer Sitzung ändern können. Daher sind sie naheliegenderweise auch *temporär* und häufig gibt es *mehrere* Ziele, welche zumeist voneinander *unabhängig* sind.

Veränderungen sind eher *intern* anzusiedeln (Gesprächsthemen, angeklickte Artefakte) und häufig *funktional* oder *technologisch* (z.B. durch das Aktivieren unterschiedlicher Dienste wie Messenger o.ä.). Die Veränderungen sind aber vergleichsweise *selten* und *unvorhersehbar*.

Die Adaptionen sind häufig *strukturell*, da die Anwendung an sich in ihren Funktionen angepasst werden kann statt einfach nur Parameter anzupassen. Die Veränderungen wären typischerweise *autonom* und logischerweise *verteilt*. Sie hätten eher keine Langzeitwirkung und wären somit *kurzfristig*. Da die Nutzer nicht auf Veränderungen warten müssten, kann

eine rechtzeitige Durchführung nicht garantiert werden und muss daher als *bestmöglich* angesehen werden. Die Anpassungen werden durch die Aktionen der Nutzer gesteuert, sind also *ereignisgesteuert*.

Falsche Anpassungen (z.B. Dienst- oder Dokument-Empfehlungen) sind eher *harmlos*, können allerdings aus der Komplexitätsgründen typischerweise nicht vorhergesehen werden (*unsicher*). Die Berechnung ist für das System unbedeutend, da im Zweifelsfall die nicht-adaptive Variante angezeigt werden kann. Das System ist *belastbar*, da es auch bei ungünstigen Adaptionen funktioniert.

### 3.4 Ambiente Badeinrichtung im Bereich Health Care

Dieser Use-Case betrachtet ein intelligentes Badezimmer, beispielsweise zur Unterstützung älterer oder kranker Menschen. Hierbei können einzelne Elemente (Waschtisch, etc.) angepasst werden und auf einem Informationsdisplay werden Vorschläge für Aktionen angezeigt (z.B. für Demenzkranke).

Während der Benutzung des Bades fallen immer neue Teilziele an (*dynamisch*), diese sind jedoch zumeist *starr* (die Bedürfnisse der Personen müssen passgenau getroffen werden). Die häufig *mehrfachen* Ziele sind oft nur *temporär* und können voneinander *abhängen* (Abtrocknen folgt nach Waschen).

Die Veränderungen geschehen innerhalb des Systems (Bad), also *intern* und sind in der Regel *funktionaler* Natur und finden relativ *häufig* statt. Oft sind sie aber *vorhersehbar*, da sich die Abläufe in großen Teilen wiederholen.

Die Veränderungen sind eher *struktureller* Natur, da unterschiedliche Geräte angesprochen werden können und sollten eher *semi-automatisch* stattfinden aufgrund der Sensibilität der Umstände. Sie werden *zentral* gesteuert und wirken sich *global*, also auf alle Nutzer des Bades, aus. Die Veränderungen sind *mittelfristig*. Beispielsweise bleibt der hochgefahrte Waschtisch erst einmal in dieser Position und ändert diese erst beim nächsten Nutzer. Da der Nutzer theoretisch Dinge tun kann, bevor die Adaption durchgeführt sind, gilt sie als *bestmöglich*. Die Veränderungen werden durch Nutzeraktionen ausgelöst (*ereignisgesteuert*).

Falsche Adaptionen sind hier möglicherweise *sicherheitsgefährdend* (Anzeigen falscher Medikation), allerdings sind die Adaptionen weitgehend *vorhersehbar*, da hier nur Techniken eingesetzt werden sollten, die durchwegs nachvollziehbar und beherrschbar sind. Werden die Anpassungen nicht ordnungsgemäß durchgeführt, kann das Bad unter Umständen unbenutzbar sein, für das System gelten sie somit als *gefährdend* und *verletzlich*.

### Abdeckung der Klassifikation durch die Use-Cases

Tabelle 1 zeigt, dass die vorgestellten Use-Cases alle Ausprägungen Adaptiver Systeme (nach Andersson et al., 2009) vollständig abdecken.

	Ausprägungen	Web-Shop	Navigation	Meetings	Healthcare
<b>Ziele, die mit dem System erreicht werden sollen</b>					
<i>Evolution</i>	S, D	D	D	D, S	D
<i>Flexibilität</i>	S, E, F	F	E	F	S
<i>Dauer</i>	T, P	P	P	T	T
<i>Anzahl</i>	S, M	S	M	M	M
<i>Abhängigkeit</i>	U, A	U	A	U	A
<b>Veränderungen, die Adaptionen auslösen</b>					
<i>Quelle</i>	E, I	E, I	E, I	I	I
<i>Typ</i>	F, N, T	N	F, T	F, T	F
<i>Frequenz</i>	S, H	H	H	S	H
<i>Antizipierbarkeit</i>	V, V, U	U, V	V, V	U	V
<b>Mechanismen, mit denen adaptiert wird</b>					
<i>Typ</i>	P, S	P	P	S	?
<i>Autonomie</i>	A, A	A, A	A, A	A	A
<i>Organisation</i>	Z, V	V	Z	V, Z	Z
<i>Gültigkeitsbereich</i>	L, G	L	L	G	G
<i>Dauer</i>	K, M, L	L	K	K	M
<i>Pünktlichkeit</i>	B, G	G	B	B	B
<i>Auslöser</i>	E, Z	E	Z	E	E, Z
<b>Effekte der Adaptionen</b>					
<i>Gefährlichkeit</i>	H, Z, S	H	Z	H	S
<i>Vorhersehbarkeit</i>	U, V	U	V	U	V
<i>Overhead</i>	U, G	U	G	U	G
<i>Belastbarkeit</i>	B, V	B	V	B	V

Tabelle 1: Die vier Use-Cases decken alle Ausprägungen komplett ab.

## 4 Fazit

Wir haben nun exemplarisch vier Szenarien vorgestellt, gegen die ein Framework oder Modell für adaptive Systeme validiert werden kann, um als generisch gelten zu können. Natürlich ist diese Auswahl vollkommen willkürlich und beliebige andere Kombinationen sind ebenfalls möglich, solange alle in Sektion 2 abgedeckt sind. Zwar ist es mit einem gewissen Aufwand verbunden, ein Modell gegen vier unterschiedliche Szenarien zu validieren, allerdings muss dies in Relation zum Ergebnis gesehen werden. Denn auf diese Weise kann die oftmals postulierte – jedoch selten belegte – allgemeine Anwendbarkeit gezeigt werden.

Es kann natürlich diskutiert werden, ob die Klassifikation von Andersson et al. (2009) Adaptive Systeme vollständig abbildet oder ob besser eine andere gewählt werden sollte. Beispielsweise wird der Bereich der Kontext-Adaptivität nur am Rande berücksichtigt und komplett unter *externe vs. interne Veränderungen* subsumiert. Auch könnte stärker zwischen unterschiedlichen Formen der Kollaboration unterschieden werden. Auf die in

diesem Paper vorgestellte Methodik hätte eine Veränderung der Klassifikation allerdings nur bedingt Einfluss, da in diesem Fall die Use-Cases relativ leicht angepasst bzw. ausgetauscht werden könnten.

## Literatur

- [BC98] Paul De Bra und Licia Calvi. AHA: a Generic Adaptive Hypermedia System. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia*, 1998.
- [DFAB04] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd und Russell Beale. *Human Computer Interaction*. Prentice Hall, Harlow, England, 3rd ed.. Auflage, 2004.
- [FLN<sup>+</sup>09] Suhaib A. Fahmy, Jörg Lotze, Juanjo Noguera, Linda Doyle und Robert Esser. Generic Software Framework for Adaptive Applications on FPGAs. In *Proceedings of the 17th IEEE Symposium on Field Programmable Custom Computing Machines*, 2009.
- [Gen05] Cristina Gena. Methods and techniques for the evaluation of user-adaptive systems. *Knowledge Engineering Review*, 20(1):1–37, 2005.
- [HGB07] Ming Hou, Michelle S. Gauthier und Simon Banbury. Development of a Generic Design Framework for Intelligent Adaptive Systems. In *HCI'07: Proceedings of the 12th international conference on Human-computer interaction*, Seiten 313–320, Berlin, 2007. Springer.
- [JHJL<sup>+</sup>10] Tim Hussein Jörg Haake, Björn Joop, Stephan Lukosch, Dirk Veiel und Jürgen Ziegler. Modeling and exploiting context for adaptive collaboration. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 19(1n02):71–120, 2010.
- [TA08] Thomas Tullis und William Albert. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2008.
- [Wei03] Stephan Weibelzahl. *Evaluation of Adaptive Systems*. Dissertation, University of Trier, Trier, 2003.