



# Analyse der Navigation in hypertextuellen Umgebungen mittels Optimal-Matching

Stefan Iske

*In this paper optimal matching is introduced as a method to conduct quantitative analysis of navigation data derived from user behavior in hypertext environments. The basic principle of an optimal-matching- analysis is explained and software to conduct an analysis introduced. The application is demonstrated with an example derived from an elearning environment.*

## 0. Einleitung

Seit der Etablierung des WorldWideWeb sind nicht-linear strukturierte Umgebungen zu einem alltäglichen Phänomen geworden. In allgemeiner Perspektive wird dieser Prozess der Durchdringung auch als Hypertextifizierung bezeichnet (vgl. Kuhlen 1991): Social Communities,

Wikis, Weblogs, Internetauftritte von Institutionen wie von Privatpersonen usw. sind intern wie auch extern auf vielfältige Weisen verknüpft (vgl. Abbildung 1). Ein Hauptmerkmal solcher hypertextuellen Umgebungen ist, dass sie keine definierte Reihenfolge der Nutzung vorgeben, sondern vielfältige Nutzungswege ermöglichen.

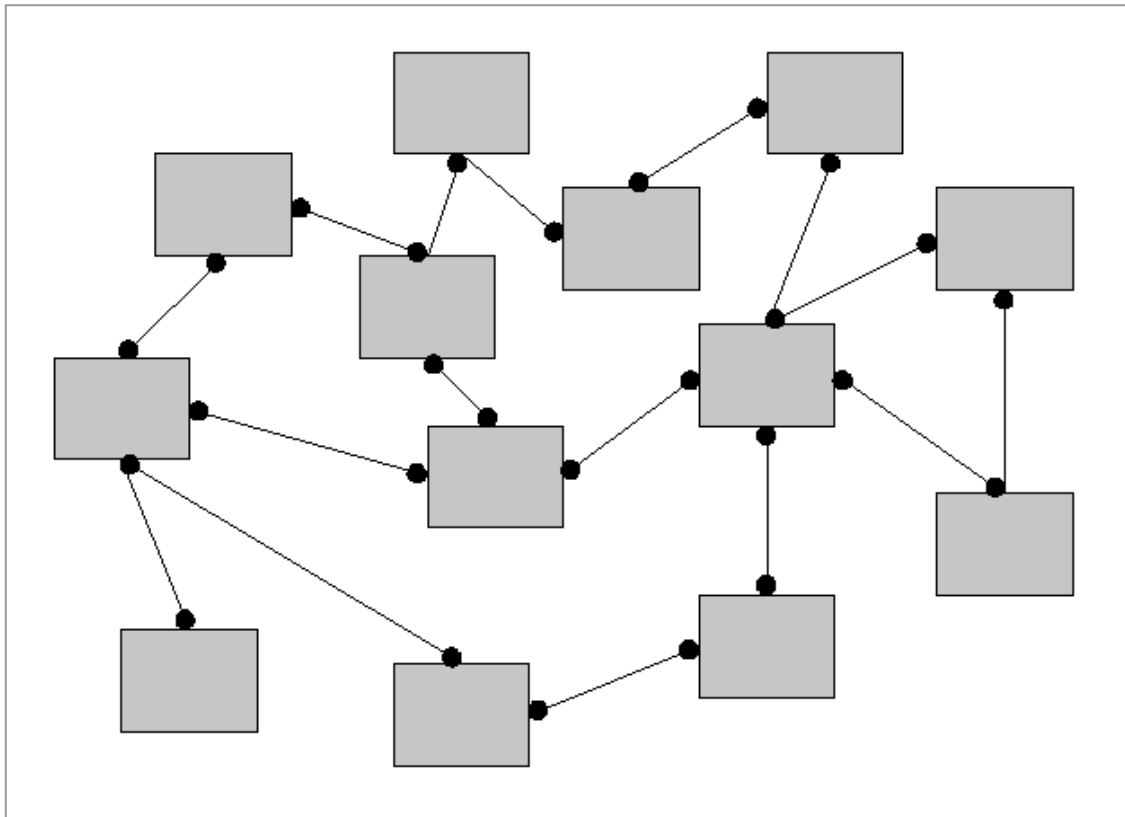


Abbildung 1: Nicht-linear strukturierte Umgebung (Hypertext)

Der Prozess der Nutzung hypertextueller Umgebungen wird mit der nautischen Metapher der Navigation beschrieben: Eine nicht-lineare Umgebung wird von einer Nutzerin oder einem Nutzer durch einen individuellen Navigationsprozess zeitlich linear entfaltet. Angesichts einer großen Vielfalt von Navigationsmöglichkeiten wählen diese einen konkreten Navigationsverlauf bzw. Navigationspfad. Abbildung 2 und 3 illustrieren unterschiedliche Nutzungspfade im gleichen Hypertext. Die Ziffern beziehen sich auf die Reihenfolge der Auswahl und bezeichnen nicht das spezifische Element des Ereignisraumes.

Den Ausgangspunkt dieses Artikels bilden daher die folgenden Fragen: Wie können Navigationsprozesse in hypertextuellen Umgebungen zum Gegenstand empirischer Forschung werden? Aufgrund welcher Methoden können Navigationsverläufe bzw. - pfade angemessen analysiert werden? Zur Beantwortung dieser Fragen wird das quantitative Verfahren der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching dargestellt, das bislang in der empirisch ausgerichteten Internetforschung lediglich am Rande diskutiert und selten eingesetzt wird. Insgesamt bleibt die Analyse von Prozessen der Online-Navigation in der Forschungspraxis damit weit hinter den möglichen Erkenntnispotentialen zurück.



Abbildung 2: Hypertext: unterschiedliche Nutzungspfade (1)

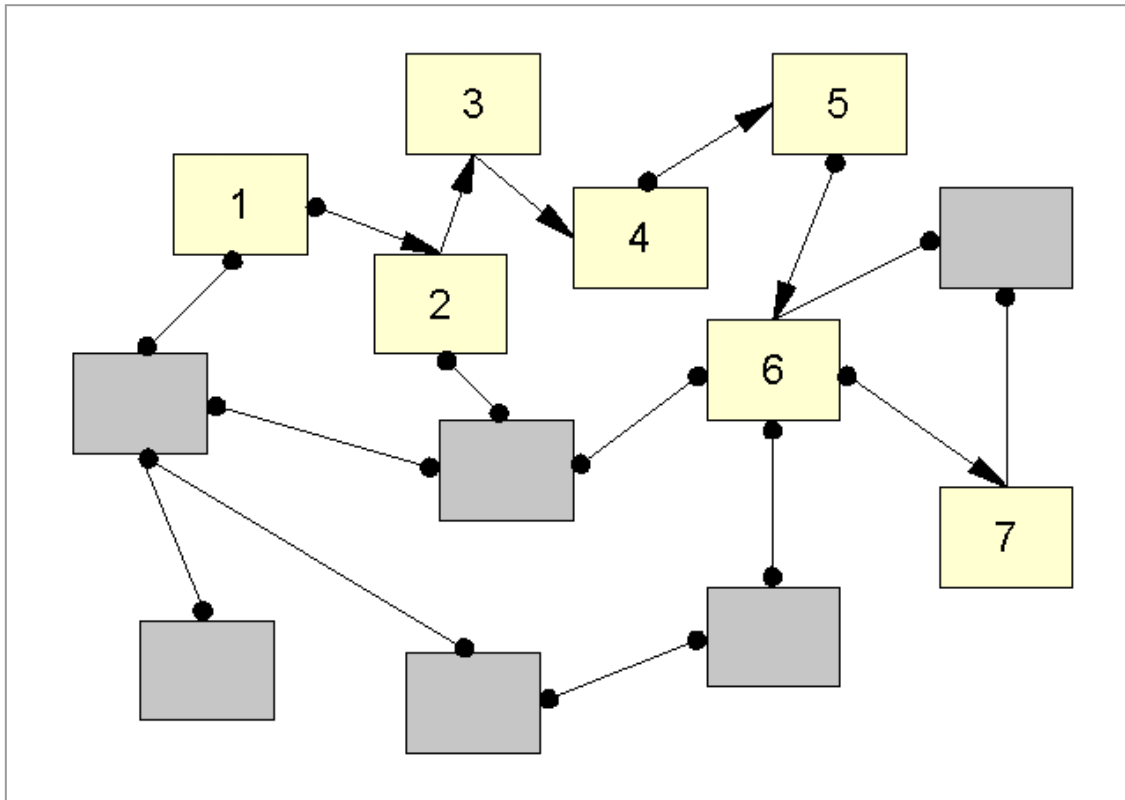


Abbildung 3: Hypertext: unterschiedliche Nutzungspfade (2)

Im Folgenden wird die Analyse der Nutzung nicht-linearer Umgebungen (1) auf der Basis von Logfile-Daten unter dem Aspekt der Aggregation und der Sequenzierung beschrieben. Danach wird mit dem Optimal-Matching Verfahren ein quantitativer Ansatz zur Analyse von Navigationssequenzen (2) vorgestellt und die dafür erforderliche Datenstruktur (2.1), die darauf aufbauende Datenanalyse (2.2) sowie kurz deren technische Durchführung (2.3) erläutert. Abschließend werden Ergebnisse der Navigationsanalyse zusammengefasst (3).

## 1. Analyse der Nutzung nicht-linearer Umgebungen

Zur quantitativen Analyse der Navigation in nicht-linearen online Umgebungen werden gegenwärtig hauptsächlich Logdaten verwendet. Diese werden vom Server einer Webseite aufgezeichnet und transkribieren den Navigationsprozess auf eine spezifische Weise: In einer

Logdatei wird protokolliert, welche Daten (Text, Bilder, Grafiken u.s.w.) zu welchem Zeitpunkt an welchen Nutzenden (IP-Adresse) gesendet wurden (vgl. Iske/Swertz 2005). Logdaten als prozessgenerierte Daten zeichnen sich vor allem durch folgende Eigenschaften aus: Sie sind nicht-reaktiv, da sie automatisch und quasi-unbemerkt im Hintergrund aufgezeichnet werden; sie sind detailliert; objektiv und stammen in der Regel aus authentischen Nutzungssituationen. Bei der Analyse dieser Logdaten kann das Vorgehen der Aggregation dem Vorgehen der Sequenzierung gegenübergestellt werden:

Bei der Aggregation von Logdaten werden mit Hilfe von spezieller Software (Logfile-Analyser) die aufgezeichneten Daten der einzelnen Nutzenden der Webseite zusammengefasst, um darauf aufbauend deskriptive Kennwerte der Nutzung zu berechnen: durchschnittliche Nutzungszeit; durchschnittliche Anzahl von Pageviews; durchschnittliche Anzahl von Hits zu unterschiedlichen Zeiten (Tage, Monat, Jahr) u.ä. m. Auf diese Weise erhält die Administratorin oder der Administrator einer Webseite Informationen über die Nutzungsintensität (traffic), z.B. darüber, welche Bereiche seiner Website besonders häufig – oder selten – genutzt wurden. Aufgrund dieser Ergebnisse kann dann die Website z.B. hinsichtlich Inhalt oder Layout verändert werden. Diese Form der Logfile-Analyse wird häufig vom Provider einer Website automatisch erstellt und den Administratoren zur Verfügung gestellt.

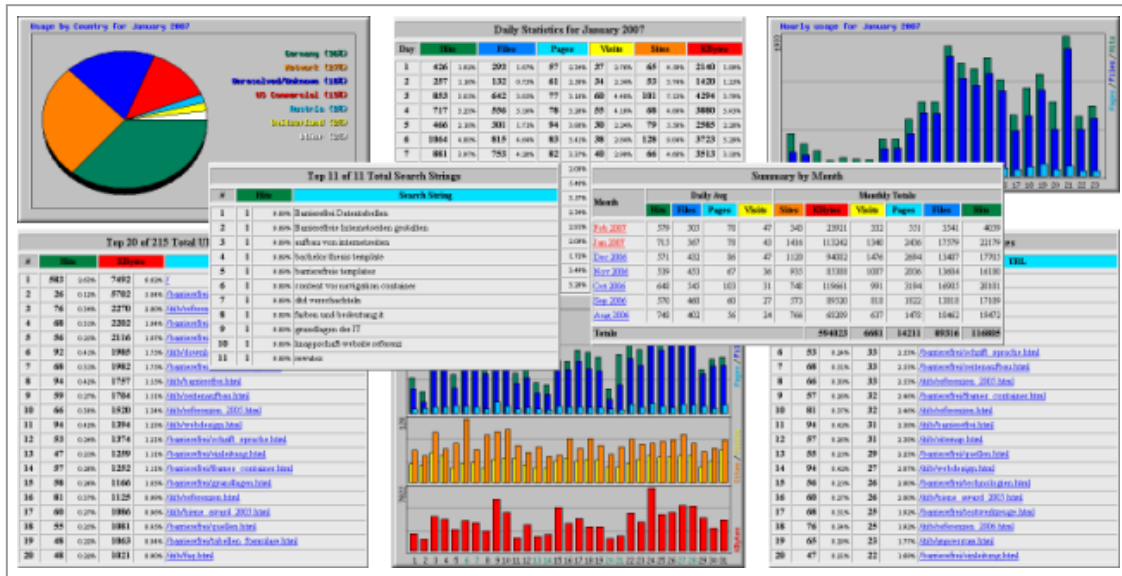


Abbildung 4: Ergebnis einer Logfile-Analyse (aggregiert):

Bei der Sequenzierung werden die protokollierten Logdaten der Website nicht aggregiert, sondern der Navigationsverlauf wird als Abfolge besuchter Seiten rekonstruiert. Für jede Nutzerin und jeden Nutzer wird so eine Sequenz erzeugt, deren Elemente sich aus dem Verlauf der besuchten Webseiten zusammensetzen. Diese zeitliche Sequenz als Fallgeschichte basiert auf dem konkreten Nutzungsprozess, auf der konkreten Navigation innerhalb der nicht-linearen Umgebung.

Diese Sequenzierung wird gelegentlich auch bei Logfile-Analysen als Session dargestellt und deskriptiv ausgewertet. Allerdings fehlen in der Regel Möglichkeiten zu deren weitergehender Analyse. Ausgewertet werden wiederum aggregierte Kennzahlen dieser Sessions z.B. die durchschnittliche Sessiondauer oder Anzahl der unterschiedlichen Seiten pro Sitzung.

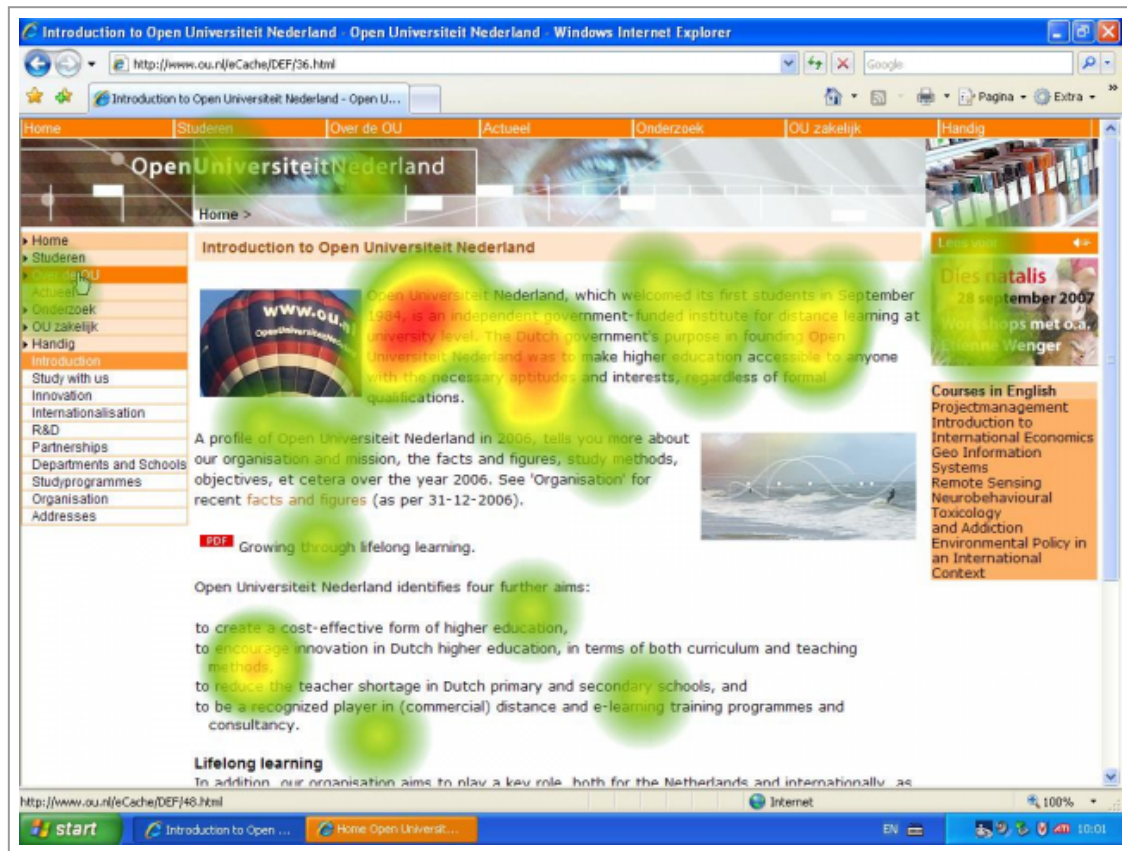


Abbildung 5: Eye-Tracking „Heat Map“:  
[http://celstec.org/system/files/Heatmap\(1\).jpg](http://celstec.org/system/files/Heatmap(1).jpg)

Das Fehlen weitergehender Ansätze zur Analyse solcher Fallgeschichten zeigt sich auch bei der Auswertung von Daten des Eye-Tracking. Bei diesem Verfahren wird zwar die Augenbewegung bei der Navigation als Nutzungssequenz dokumentiert. Die Darstellung der Ergebnisse (als Blickverläufe einer Gruppe von Personen) erfolgt jedoch in der Regel auf Grundlage aggregierter Daten in Form von „Hot Spots“ bzw. „Heat Maps“ (vgl. Abb. 4): Auf diese Weise wird visualisiert, auf welche Punkte bzw. Regionen des Bildschirms zu einem bestimmten Zeitpunkt besonders häufig bzw. wie lange geblickt wurde. Zwar sind auch die Blickverläufe einzelner Personen rekonstruierbar, allerdings findet in der Regeln keine weitere, auf den Blickverläufen einzelner Personen basierende Auswertungen statt, z.B. in Form der Gruppierung ähnlicher Blickverläufe sowie deren Gegenüberstellung. Die Navigationsanalyse mittels Optimal-



Matching setzt genau an diesem Punkt an: Der Nutzungsprozess als Sequenz wird zum Ausgangspunkt und zur Analyseeinheit.

Aufgrund dieser kurzen Gegenüberstellung sollte deutlich geworden sein, dass die Aggregation von Logdaten wichtige Informationen bereit stellen kann, jedoch kein angemessenes Verfahren darstellt, um Nutzungsprozesse in den Fokus der wissenschaftlichen Analyse zu rücken: Informationen über die Zeitlichkeit der Navigation sowie über Navigationsprozesse als Fallgeschichten gehen durch die Aggregation für weitere Analysen verloren.

## 2. Navigationsanalyse

Auf Grundlage welcher Methoden kann die Navigation als zeitlicher Prozess (als Verlauf bzw. als Handlung) in den Fokus wissenschaftlicher Forschung kommen? Mit Hilfe welcher Methoden der empirischen Sozialforschung können Navigationsprozesse als Fallgeschichten generell untersucht werden?

Zur Analyse der Navigation als zeitlichem Prozesse kann auf unterschiedliche qualitative und quantitative Methoden zurückgegriffen werden. In ihrem grundlegenden und fundierten Überblick über Methoden zur Analyse von Verlaufsmustern verweist Baur (2005) auf qualitative Methoden (Grounded Theory, Biographische Methode, Case Studies, historisch-vergleichende Methoden) sowie auf quantitativen Methoden (Erweiterung multivariater Auswertungsverfahren um eine Zeitkomponente, Kohortenanalysen, Zeitreihenanalyse, Ereignisanalyse, Sequenzanalyse). Generell sind an dieser Stelle Methoden der Datenerhebung (u.a. Beobachtung, Thinking-Aloud, Eye-Tracking) von Methoden der Datenauswertung bzw. -analyse zu unterscheiden.

Im Folgenden wird die Methode der Sequenzanalyse näher dargestellt, der Baur (2005, 223) bescheinigt, eines der leistungsfähigsten Verfahren zur Analyse von Verlaufsmustern zu sein. Zugleich stellt sie aber fest, dass diese Art der Analyse eine anspruchsvolle Datenstruktur und

Datenaufbereitung voraus setzt und der sozialwissenschaftliche Einsatz „bedauerlicherweise“ (ebenda, 223) noch eine Ausnahme darstellt.

## 2.1 Datenstruktur

Die Analyse von Navigationsprozessen als Sequenzen setzt eine spezifische – sequenzierte - Struktur der Daten voraus. Diese berücksichtigt vor allem Navigationsprozesse als zeitliches Handeln. Dabei wird die in den Logdaten protokollierte Information über den Zeitpunkt des Zugriffs auf die Website für die weitere Analyse genutzt.

|            |   |   |   |   |   |   |   |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Sequenz 1: | A | B | C | D | E | F |   |
| Sequenz 2: | B | A | C | D | E | F |   |
| Sequenz 3: | G | A | B | C | D | E | F |

Abbildung 6: Sequenzierte Datenstruktur

In einem ersten Schritt wird in Abhängigkeit des Analyseziels ein grundlegendes zeitliches Intervall für die Navigationsanalyse definiert und dementsprechend der Navigationsprozess in Intervalle (von z.B. 1 Sekunde) eingeteilt. Darüber hinaus wird der Zustandsraum definiert als Raum der Elemente, die in einem Intervall grundsätzlich auftreten können. Für den Fall der Navigationsanalyse sind dies z.B. alle Seiten der betreffenden Website. Für jede Nutzerin und für jeden Nutzer wird dann für jedes Intervall das spezifische Element (besuchte Seite) als Ausprägung zugeordnet. Voraussetzung hierfür ist, dass für jedes Intervall ein Element (Zustand) eindeutig (disjunkt) zuzuordnen ist. Das Ergebnis dieser Sequenzierung ist dann die Beschreibung einzelner Fallgeschichten von Navigationsprozessen als zeitliche Abfolge besuchter Webseiten (Abbildung 5 zeigt drei Beispiele für Sequenzen besuchter Seiten, die als Elemente die Navigationssequenz konstituieren. Dabei steht jeder Buchstabe für eine spezifische aufgerufene Webseite).

## 2.2 Datenanalyse

Wie können nun diese Navigationssequenzen weitergehend analysiert werden? Wie können Navigationssequenzen miteinander verglichen werden? Zur Beantwortung dieser Frage wird im Folgenden das Verfahren der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching skizziert (vgl. Iske 2007). Das Optimal-Matching Verfahren ist ein spezifischer Algorithmus zur quantitativen Analyse von Sequenzen, der im naturwissenschaftlichen Bereich entwickelt wurde (vgl. Sankoff & Kruskal 1999) und in der Soziologie u.a. zur Analyse von Lebensläufen verwendet wird (vgl. Abbott & Forrest 1986). Allgemeines Ziel des Optimal-Matching Verfahrens ist die Analyse einer großen Anzahl komplexer und oftmals sehr langer Sequenzen, um Muster, Regelmäßigkeiten und Prozessstrukturen zu identifizieren. Die grundlegende Idee des Optimal-Matching Verfahrens besteht darin, alle Sequenzen (Fälle) eines Datensatzes miteinander zu vergleichen (paarweiser Vergleich) um festzustellen, wie ähnlich sich die Sequenzen sind. Dabei gelten zwei Sequenzen als exakt gleich, wenn sie in jedem Intervall dasselbe Element enthalten und als vollkommen ungleich, wenn sie in keinem der Intervalle ein gemeinsames Element aufweisen.

Wie wird nun dieser paarweise Vergleich zur Ermittlung des Grades der Ähnlichkeit zweier Sequenzen durchgeführt? Grundsätzlich wird der Grad der Ähnlichkeit definiert als Anzahl der Transformationsschritte, die erforderlich sind, um eine Ausgangssequenz in eine Zielsequenz zu überführen, d.h. die Abfolge der Elemente der beiden Sequenzen in exakte Übereinstimmung („alignment“) zu bringen. Je weniger Transformationsschritte hierfür benötigt werden, desto ähnlicher sind sich die Sequenzen. (Auf die Möglichkeit der Gewichtung der Operationen durch „Kosten“ kann in diesem Artikel lediglich hingewiesen werden, vgl. Iske 2007).

Die Transformationen beruhen dabei auf den grundlegenden Operationen des Löschens (deletion), des Einfügens (insertion) sowie des Austauschens (substitution) von Elementen. In die zeitlichen Intervalle der

vergleichenen Sequenzen können also Elemente eingefügt, gelöscht oder ausgetauscht werden, bis beide Sequenzen vollkommen übereinstimmen.

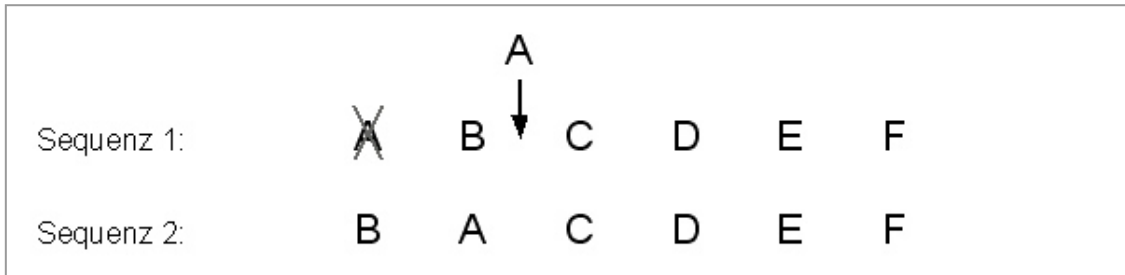


Abbildung 7: Paarweiser Vergleich der Sequenz 1 mit der Sequenz 2 (Optimal-Matching)

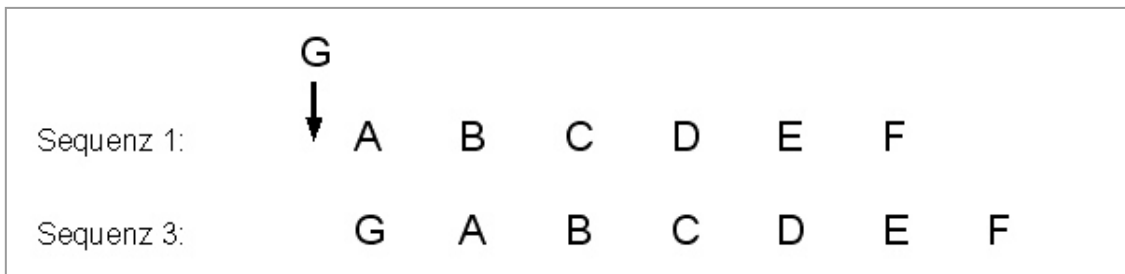


Abbildung 8: Paarweiser Vergleich der Sequenz 1 mit der Sequenz 3 (Optimal-Matching)

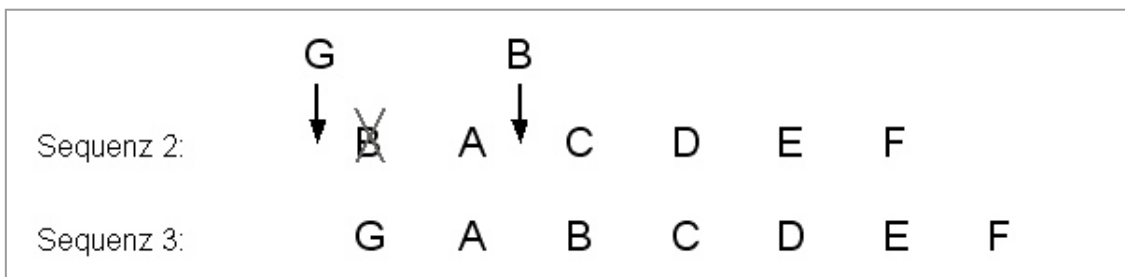


Abbildung 9: Paarweiser Vergleich der Sequenz 2 mit der Sequenz 3 (Optimal-Matching)

Die Abbildungen 7, 8 und 9 verdeutlichen beispielhaft den paarweisen Vergleich dreier Sequenzen. Um eine vollkommene Übereinstimmung der jeweiligen Sequenzen zu erreichen sind in Abbildung 7 zwei Operation erforderlich (deletion und insertion); in Abbildung 8 eine Operation

(insertion) und in Abbildung 9 drei Operationen (insertion, deletion, insertion). Die geringste Anzahl benötigter Transformationsschritte dient als Maßzahl für den Grad der Ähnlichkeit und wird als Levenshtein-Distanz bezeichnet (Levenshtein 1966). Das Ergebnis des paarweisen Vergleichs der Sequenzen des Datensatzes wird in Form einer Matrix dokumentiert, wobei in jeder Zelle der spezifische Wert der Levenshtein-Distanz als Grad der Ähnlichkeit der verglichenen Sequenzen steht. Diese Levenshtein-Distanzmatrix bildet dann den Ausgangspunkt für weitere – z.B. konfirmatorische oder explorativ-heuristische - Analysen.

- Bei einer konfirmatorischen Analyse werden die empirischen Sequenzen des Datensatzes mit definierten Referenzsequenzen verglichen. Auf diese Weise kann z.B. überprüft werden, ob theoretisch entwickelte Sequenzen oder Muster (s. oben, Hypothesen über Navigationsprozesse) im empirischen Datensatz vorhanden sind bzw. ob ähnliche Navigationssequenzen enthalten sind.
- Bei einer explorativ-heuristischen Analyse – die den Kern der hier vorgestellten Navigationsanalyse ausmacht – werden die empirischen Sequenzen (auf Basis der Levenshtein-Matrix) mit Hilfe des Verfahrens der Clusteranalyse zu homogenen Gruppen ähnlicher Sequenzen zusammengefasst. Als Ergebnis einer explorativ-heuristischen Navigationsanalyse liegt dann eine Gruppierung ähnlicher Navigationssequenzen vor, d.h. ähnlicher Prozesse der Navigation. Auf diese Weise können Muster, Regelmäßigkeiten und Strukturen in Navigationsprozessen identifiziert und gruppiert werden.

Die grundlegende Leistungsfähigkeit und das analytische Potential der Methodologie der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching wurde für die differenzierte Analyse von Prozessen des Online-Lernens beispielhaft entwickelt und demonstriert (Iske 2007, s. auch Iske 2011a, 2011b). Bei der Analyse der Navigationsprozesse in einer hypertextuellen Online-Lernumgebung, die auf der didaktischen Ontologie der Web-Didaktik basiert (vgl. Meder 2006), wurden ca. 1500 Navigationssequenzen mit ca. 4700 Elementen explorativ-heuristisch analysiert. Dabei wurden spezifische Muster und Regelmäßigkeiten der Navigationsprozesse identifiziert, die sowohl in formaler als auch in inhaltlich-didaktischer Hinsicht als Navigationsstrategien interpretiert werden konnten, z.B. als Navigationsmuster der „Erkundung“ und der „Auseinandersetzung“, sowie der gezielten und direkten Navigation. Aufbauend auf diesen methodischen Arbeiten zeigen Swertz/Frick (2009)

das Potenzial der Sequenzanalyse bei der Analyse interkultureller Unterschiede in der Gestaltung von Online-Lernumgebungen.

### 2.3 Softwaretechnische Durchführung

Neben den Anforderungen an die Datenstruktur und die inhaltliche Konzeption der Datenanalyse (vgl. Abb. 10) stellt die technische Durchführung der Optimal-Matching eine besondere Herausforderung dar. So ist der Optimal-Matching Algorithmus beispielsweise nicht in Standardpaketen der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse (wie z.B. SPSS) integriert.

Daher muss auf unterschiedliche Werkzeuge zur Datenaufbereitung und -analyse zurückgegriffen werden: Für die Erzeugung der erforderlichen sequenzierten Datenstruktur auf Grundlage der Logdaten können z.B. SQL-Abfragen oder auch das Programm GREP (Global search for a Regular Expression and Print out matched lines) verwendet werden. Das eigentliche Optimal-Matching Verfahren kann dann z.B. mit dem Programm Transition Data Analysis (TDA) durchgeführt werden, einem Programm zur statistischen Datenanalyse, das an der Fakultät für Sozialwissenschaften der Ruhr-Universität Bochum von Götz Rohwer und Ulrich Pötter entwickelt wird.

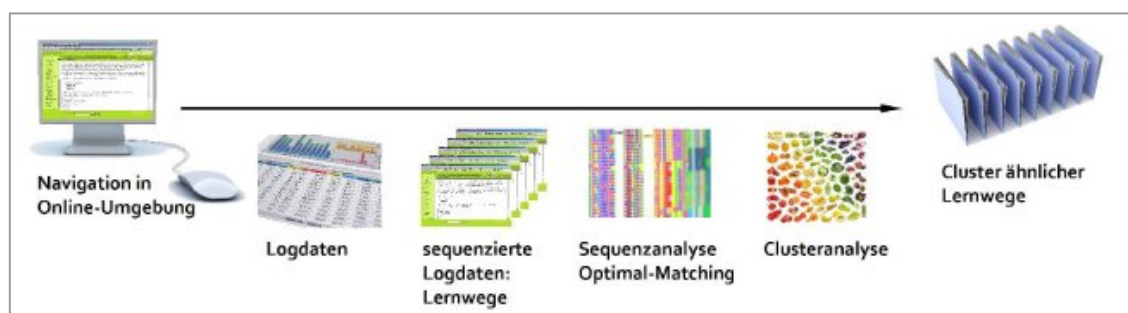


Abbildung 10: Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching

### 3. Exkurs: Analyse von Museumsbesuchen

Die Herausforderung der Analyse von Nutzungsprozessen stellt sich auch im Offline-Bereich. So wird analog zur Navigationsanalyse im Projekt „eMotion: Mapping museum experience“ der Verlauf von Ausstellungsbesuchen auf innovative Weise analysiert.

*„Museumsbesucher, die an dem Projekt teilnehmen wollten, erhielten mit ihrer Eintrittskarte ein Armband, das verschiedene Messgeräte enthielt. Damit wurde u.a. der Weg aufgezeichnet, den der Besucher ging; wie lange er/sie vor einem Objekt stehen blieb; die Gehgeschwindigkeiten; wann und wie stark er/sie physiologisch angesprochen wurde. Diese quantitative Datenmenge wurde durch individualisierte Befragungen ergänzt, um eine angemessene Interpretation des Datenmaterials zu ermöglichen. Zudem wurden verschiedene Interventionen im Museum als künstlerisch-wissenschaftliche Experimente durchgeführt.“<sup>1</sup>*

Das Ergebnis dieser Aufzeichnung wird den Projektteilnehmenden am Ende des Museumsbesuchs in Form einer Erlebniskarte ausgehändigt: Diese enthält die Visualisierung des individuellen Wegenetzes in der Ausstellung sowie der physiologischen Daten (vgl. Abb. 11). Gemeinsam ist der Analyse von Navigations- und Besuchsprozessen die Fokussierung auf zeitliche Verläufe sowie auf die empirische Analyse der Interaktion von Nutzer/Besucher und einem spezifischen Raum (Online-Umgebung / Museum). Unterschiede bestehen neben dem experimentellen Setting der Analyse des Museumsbesuchs (Erhebung physiologischer Daten und Interviews) vor allem in methodischer Hinsicht: Während der Fokus im letzteren Fall auf der Dokumentation und Interpretation einzelner Fallgeschichten liegt, geht die Navigationsanalyse an dieser Stelle weiter und vergleicht individuelle Navigationswege und gruppiert sie anschließend hinsichtlich Ähnlichkeit.



Abbildung 11: Visualisierung eines individuellen Wegenetzes (Erlebniskarte aus: [http://www.mapping-museum-experience.com/sites/default/files/analysis/screenshots\\_tft/2009-06-14\\_TFT-Images/sj6.jpg](http://www.mapping-museum-experience.com/sites/default/files/analysis/screenshots_tft/2009-06-14_TFT-Images/sj6.jpg))

Aus medienpädagogischer Perspektive ist vor allem das Konzept der *Erlebniskarte* hervorzuheben, das eine kritische Auseinandersetzung und Reflexion des eigenen Nutzungsverhaltens ermöglicht. Einen weiteren Anknüpfungspunkt stellt die Berücksichtigung von Emotionen dar, die bislang in medienpädagogischer und mediendidaktischer Forschung lediglich eine untergeordnete Rolle spielen.

#### 4. Ergebnis und Ausblick

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching ein leistungsfähiges Verfahren darstellt, um Prozesse der Navigation in hypertextuellen Umgebungen zum Gegenstand empirischer Forschung zu machen: Der Navigationsprozess als zeitliche Sequenz der Abfolge aufgerufener Webseiten wird zum Ausgangspunkt der Forschung und zur zentralen Analyseeinheit. Das Optimal-Matching Verfahren ermöglicht eine fallbezogene Betrachtungsweise der Navigation: In Abgrenzung zu einer



variablenbezogenen Betrachtungsweise (vgl. Kohorten-, Zeitreihen- und Ereignisanalyse), bei der Fälle spezifischen Variablen zugeordnet werden, werden hier Fallgeschichten in ihrer Gesamtheit als Sequenzen von Ereignisfolgen analysiert – und nicht als einzelne separate Zustandswechsel. Einem explorativ-heuristischen Ansatz folgend werden Navigationspfade somit als Fallgeschichten analysiert und typisiert.

Ausgangspunkt der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching bilden sequenzierte Logdaten, jedoch können unabhängig von der Methode der Datenerhebung jegliche Daten in Form von Sequenzen analysiert werden. Die Verwendung von sequenzierten Logdaten ermöglicht gegenüber qualitativen Verfahren wie der Beobachtung jedoch die Analyse einer sehr großen Zahl von Navigationssequenzen, und darauf aufbauend die Identifizierung von auch selten vorkommenden Mustern und Regelmäßigkeiten. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass das dargestellte Verfahren der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching gerade auch in der Kombination mit weiteren Methoden der qualitativen und quantitativen Sozialforschung einen zentralen Beitrag zu Analyse der Navigation aus Prozessperspektive leisten kann.

Auf Grundlage der Navigationsanalyse mittels Optimal-Matching ist wird es möglich, typische Navigationsmuster und Regelmäßigkeiten in Navigationsprozessen zu identifizieren und zu analysieren. Analysegegenstand können sowohl intraindividuelle als auch interindividuelle Muster und Regelmäßigkeiten sein. Diese Muster und Regelmäßigkeiten können dann z.B. als Index für zugrunde liegende Navigationsstrategien – als spezifische Heuristiken der Nutzenden – interpretiert werden, als spezifischer Ausdruck der Relation von Nutzerin und nicht-linearer Umgebung. Weitere Einsatzmöglichkeiten und Potentiale der Navigationsanalyse bestehen darüber hinaus in der Kombination unterschiedlicher Methoden der Datenauswertung, in der Analyse ähnlicher (gruppiertes) Navigationssequenzen hinsichtlich weiterer Variablen wie z.B. Vorerfahrung im Umgang mit Hypertexten, Bildungshintergrund oder auch allgemeiner soziodemographischer Daten.

Aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive ist hervorzuheben, dass die Analyse von Prozessen der Navigation die gegenwärtig dominierende Fokussierung auf das Resultat von Navigationsprozessen aufbricht: Diese Resultatfokussierung bei gleichzeitigem Ausblenden der Prozessperspektive ist unbefriedigend, da gerade Bildungs- und Lernprozesse den grundlegenden Gegenstandsbereich der Pädagogik bilden. Kenntnis über den Verlauf (z.B. von Prozessen des Online-Lernens) lassen vielfältige Anknüpfungspunkte für pädagogisches Handeln erwarten – was die didaktische Konzeption von hypertextuellen Lernumgebungen wie auch die Unterstützung von Lernenden betrifft.

Dabei zielt die Analyse von Prozessen des Online-Lernens mittels Optimal-Matching auf den Kern einer Didaktik als Handlungswissenschaft, die die konkret-empirische Abbildung Raumgestalten in Zeitgestalten (Didaktik) bzw. die Abbildung von Zeitgestalten in Raumgestalten (Autodidaktik) analysiert und hinsichtlich Adäquatheit und alternativer Möglichkeiten reflektiert. Gerade Hypertext als grundlegende Technologie von Online-Lernumgebungen stellt ja einen radikalen medialen Strukturwandel dar, in dem bestehende Prozesse der Abbildung radikal zur Disposition stehen (vgl. Iske 2009, 2002).

Insgesamt geht die Analyse von Prozesse des Online-Lernens mittels Optimal-Matching weit über die Aggregation von Logdaten und die Analyse des Wandels in Aggregations- und Mischungsverhältnissen hinaus. Die Navigationsanalyse kann damit einen wesentlichen Beitrag zur empirischen Erforschung von Navigations- und Lernprozessen in nicht-linearen Umgebungen leisten.

---

## Literatur:

Abbott, Andrew; Forrest, John (1986): "Optimal Matching Methods for Historical Sequences". *Journal of Interdisciplinary History*, 16, 3. S. 471-494.

Baur, Nina (2005): Verlaufsmusteranalyse. Methodologische Konsequenzen der Zeitlichkeit des Handelns. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Iske, Stefan (2002): Vernetztes Wissen: Hypertext-Strategien im Internet. Bielefeld: Wilhelm Bertelsmann Verlag.

Iske, Stefan (2007): Navigationsanalyse: Methodologie der Analyse von Prozessen der Online-Navigation mittels Optimal-Matching. Duisburg-Essen: DuEPublico.

Iske, Stefan (2009): Hypertext, E-Learning und Web-Didaktik. In: Macha, H., Witzke, M., Meder, N., Allemann-Ghionda, C., Uhlendorff, U. & Mertens, G. (Hrsg.): Handbuch der Erziehungswissenschaft (Bd.3): Familie-Kindheit-Jugend-Gender / Umwelten. Schöningh, Paderborn.

Iske, Stefan ; Swertz, Christian (2005): Methodologische Fragen der Verwendung von Bild-, Ton- und Textdaten zur Navigationsanalyse. In: MedienPädagogik - Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung. <[http://www.medienpaed.com/04-1/iske\\_swertz04-1.pdf](http://www.medienpaed.com/04-1/iske_swertz04-1.pdf)>

Kuhlen, Rainer (1991): Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank. Springer: Berlin.

Levenshtein, Vladimir. I. (1966) : Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. In: Cybernetics and Control Theory, 10, 8, S. 707-710.

Meder, Norbert (2006): Web-Didaktik. Eine neue Didaktik webbasierten, vernetzten Lernens. Bielefeld: Wilhelm Bertelsmann Verlag.

Sankoff, David ; Kruskal, Joseph (1999): Time warps, string edits, and macromolecules: the theory and practice of sequence comparison. Stanford: CSLI.

Swertz, Christian; Frick, Eva (2009): Measuring Intercultural Pedagogical Differences expressed by teachers in an Educational Metadata System. Resultus from an International E-Learning Project. In: Proceedings of the

Hawaii international conference on education. University of Louisville, Pepperdine University, California State University: Honolulu, p. 3537-3544.

1 <http://www.mapping-museum-experience.com/ueber-das-projekt/kurzbeschreibung>