

Das Zusammenwirken von Systemresponsezeiten und Verweilzeiten beim Explorieren von Hypertextstrukturen: empirische Evidenz für einen zeitlichen Integrationsmechanismus?

Herbert A. Meyer, Martin Hänze und Michael Hildebrandt

Universität Gh Kassel, FB 3 - Psychologie, Holländischer Platz, D-34109 Kassel
hameyer@hrz.uni-kassel.de - haenze@hrz.uni-kassel.de - hilde@hrz.uni-kassel.de

Zusammenfassung. Gegenstand des Beitrags ist die Untersuchung des zeitlichen Ablaufs des Explorierens von Hypertextstrukturen mit Bildmaterial. Die zunächst erhobene Bestandsaufnahme ergibt, daß die Dauer der Beschäftigung mit den vorgegebenen Inhalten (Verweilzeit) sehr gut mit der Annahme von Pöppel (1969, 1997) zur subjektiven Gegenwart beschrieben werden kann (eine zeitliche Reihe von Eindrücken kann nur bis zu der Grenze von ca. drei Sekunden zu Einheiten integriert werden). Weitergehende Implikationen der postulierten Beziehung zwischen Verweilzeit und subjektiver Gegenwart prüft ein nachfolgendes Experiment ($N=44$), bei dem der Faktor Systemresponsezeit systematisch variiert wird (SRZ; 0.75, 1.75, 2.75 und 3.75 Sekunden). Angenommen wird, daß eine SRZ oberhalb der Drei-Sekunden-Grenze den Explorationsvorgang behindert, da die kognitive Integration aufeinanderfolgender Inhalte nicht mehr mühelos geschehen kann. Erwartungsgemäß führt eine SRZ größer als drei Sekunden zu einer emotionalen Belastung. Zusätzlich zeigt sich eine lineare Beziehung zwischen Verweilzeit und SRZ, die bei einer SRZ größer als drei Sekunden zusammenbricht.

1 Problemstellung

Die Arbeiten, deren Ergebnis hier vorgelegt wird, beschäftigen sich mit dem zeitlichen Ablauf des Explorierens von Hypertextstrukturen. Auf der Beobachtungsebene zeichnet sich diese mittlerweile durch das *World Wide Web* weit verbreitete Form der Mensch-Computer Interaktion dadurch aus, daß der Benutzer in einer selbst bestimmten Reihenfolge miteinander verknüpfte Bestandteile einer Datenbasis aufsucht. Dieses Verhalten, das in anderen Zusammenhängen freies Navigieren, *browsing* oder *surfing* genannt wird, kann durch eine Reihe von Merkmalen beschrieben werden. Beispielsweise ist es intrinsisch motiviert und nicht unbedingt plangeleitet, da sich die Zielsetzungen von Situation zu Situation ändern können. Das Merkmal, das im Vordergrund des vorliegenden Beitrags steht, läßt sich am besten durch den englischen Ausdruck *self-paced* beschreiben: das Tempo des Explorierens bestimmt der Explorierende selber. Unsere Annahmen stellen genau diese Souveränität in Frage.

Bevor die Annahmen ausgeführt werden, sollen die im folgenden verwendeten *termini technici* geklärt werden. Beim Ablauf des Explorierens von Hypertextstrukturu-

ren lassen sich zwei zeitliche Komponenten unterscheiden. Auf der einen Seite gibt es die Übertragungszeit eines angewählten Dokuments in den Arbeitsspeicher des Rechners und die Zeit, die vergeht, bis das Dokument auf dem Bildschirm dargestellt wird. Diese technisch bedingten Zeiten werden zusammengefasst als Systemresponsezeit (SRZ) bezeichnet. Beim Einsatz eines Hypertextsystems auf einem *stand alone*-Rechner spielt die SRZ eine untergeordnete Rolle, da auf dem aktuellen Stand der Technik kaum merkliche Antwortzeiten erreicht werden. In verteilten Netzen kann die Dauer und die Variabilität der Übertragungszeit je nach Güte der Verbindung und Größe des angeforderten Dokuments ein beachtliches Ausmaß annehmen. Wenn die SRZ subjektiv als zu lang empfunden wird, wird sie zur – oftmals lästigen – Wartezeit. Neben der technisch bedingten SRZ gibt es die vom Menschen bestimmte Zeit der Beschäftigung mit dem angeforderten Dokument. Diese könnte man als Rezeptionszeit bezeichnen. Wir bevorzugen hingegen den Begriff Verweilzeit, um deutlich zu machen, daß sich unser Untersuchungsansatz nicht inhaltlich mit der Informationsaufnahme auseinandersetzt, sondern lediglich ihre zeitlichen Ausprägung betrachtet.

Bei der psychologischen Analyse kognitiver Vorgänge spielt der Faktor Zeit in aller Regel die Rolle einer abhängigen Variablen, die indiziert, wie aufwendig theoretisch postulierte Operationen sind. Sehr wenige Ansätze messen dem Faktor Zeit eine eigenständige Rolle zu, was Jones (1976) als Verlust der Zeitdimension in der psychologischen Theoriebildung beklagt. Die Arbeiten von Pöppel (1969, 1997) bilden in dieser Hinsicht eine Ausnahme. In Anlehnung an das traditionsreiche Konzept „Präsenzzeit“ (z.B. James, 1890; Stern, 1897) spricht er von „subjektiver Gegenwart“ und meint damit, daß das subjektiv erlebte „Jetzt“ stets eine positive Zeitstrecke ist und nicht lediglich ein Punkt, der Vergangenheit von Zukunft trennt. Gegenwart besitzt somit – phänomenologisch betrachtet – eine Dauer. In dieser Zeit, so wird angenommen, werden die aktuell ablaufenden kognitiven Operationen verschaltet. Vielfältige empirische Befunde lassen vermuten, daß eine allgemeine operative Schranke im Zeitbereich von ungefähr bis zu drei Sekunden anzusiedeln ist. Psychische Vorgänge sind dementsprechend durch nacheinander erlebte Präsenzzeiten segmentiert. Die sich autonom ergebende Segmentierung steht in deutlichem Kontrast zum subjektiven Eindruck zeitlicher Kontinuität. Um diesen zu erklären, muß ein weiterer kognitiver Mechanismus angenommen werden, der die Segmente semantisch vernetzt. Da der zeitliche Integrationsmechanismus neuropsychologisch noch nicht näher bestimmt werden konnte, spricht Pöppel bislang metaphorisch von „Zeitfenstern“. Zweifellos stehen die angenommenen Zeitfenster in enger Beziehung zu den gedächtnistheoretischen Begriffen Primärgedächtnis, Arbeitsgedächtnis und Kurzzeitspeicher. Diese Begriffe unterscheiden sich von der Präsenzzeit im wesentlichen nur dadurch, daß sie nach der Reproduzierbarkeit von Inhalten und nicht, wie die Präsenzzeit, nach der „Unmittelbarkeit der Auffassung“ fragen (vgl. Sixtl, 1962).

Für die Untersuchung des zeitlichen Ablaufs des Explorierens von Hypertextstrukturen ist das Konzept Präsenzzeit unter zwei Gesichtspunkten relevant:

1. Die in Hypertextstrukturen gespeicherte Datenmenge muß nach dem Anwählen durch den Benutzer auf dem Bildschirm dargestellt werden. Die im Zusammenhang mit der Präsenzzeit benutzte Fenstermetapher kommt hier abermals zum Zuge, da sie auch das Interfacedesign bei Hypertextsystemen beschreibt. Die Anordnung in Fenstern sorgt dafür, daß die simultan dargebotene Informationsmenge zusammenhängend als Informationseinheit wahrgenommen wird. Der Explorations-

vorgang besteht so besehen darin, daß in einer Sequenz ein Fenster nach dem anderen geöffnet wird. Es kann nun gefragt werden, ob und wenn ja, unter welchen Umständen es beim Explorieren zu einer 1:1-Beziehung zwischen den postulierten Präsenzzeit-Fenstern und den empirisch beobachtbaren Verweilzeiten bei den einzelnen Bildschirmfenstern kommen kann.

2. Es läßt sich fragen, was geschieht, wenn die Bildschirmfenster nicht in einer „nahtlosen“ zeitlichen Folge dargeboten werden, sondern die Darstellung verzögert erfolgt. In Erweiterung von Pöppels Überlegungen wird erwartet, daß eine Verzögerung, die die Obergrenze der postulierten Präsenzzeit übersteigt, den Explorationsvorgang behindert. Genau dann nämlich kann die semantische Verbindung von zwei Zeitfenstern nicht mehr unmittelbar gelingen, da sie nicht mehr in ein und derselben „Auffassung“ zur Verfügung ständen. Eine zeitliche Integration zur Vermittlung dieser „auseinandergerissenen“ Fenster müßte über relativ mühevollere „explizite“ Gedächtnisprozesse gewährleistet werden. Daher kann vermutet werden, daß die in arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen festgestellte emotionale Belastung durch Wartezeiten in der Mensch-Computer Interaktion (z.B. Kohlisch & Kuhmann, 1997) genau zu diesem Zeitpunkt auftritt.

2 Erste Studie

Die erste Studie war als Bestandsaufnahme konzipiert, daher wurden keine Hypothesen formuliert, die durch experimentelle Variation entscheidbar sind. Ziel war es, unter definierten Bedingungen zeitliche Aspekte des Navigationsverhaltens zu beschreiben. Dazu wurde das dargebotene Hypertextsystem formal und inhaltlich so gestaltet, daß der Explorierende frei über die Intensität der Beschäftigung mit den Inhalten und damit über die Verweilzeit entscheiden konnte. Als inhaltliches Material wurden durchgängig Bilder eingesetzt, da ihre semantische Enkodierung im Vergleich zu verbalen Reizen ohne Aufforderung, dazu automatisch und effizient vonstatten geht (Engelkamp, 1990). Da explorierende Handlungen intrinsisch motiviert sind, wurden Bilder mit interindividuell hohem Aufforderungscharakter verwendet. Zu diesem Zweck wurde eine Teilstruktur einer etablierten *Web Site* übernommen, deren Benutzer überwiegend Vergnügen als Motiv für den Besuch angaben (Modenschau renommierter Designer). Die gewählte Hypertextstruktur beruhte auf organisatorischen Sprungmarken (*Back, Forward, Up, Down*), wodurch sie übersichtlich und sehr einfach zu bedienen war.

Zur Erfassung der Verweilzeiten wurde eine Verfahrensweise entwickelt, mit dem das Navigationsverhalten sehr genau und ereigniskorreliert registriert werden kann. Um eine Reaktivität der Messungen zu vermeiden, wurden die Navigationsbewegungen verdeckt aufgezeichnet und die Probanden erst im Nachhinein über die Ziele der Untersuchung aufgeklärt. Die für die Probanden im Vordergrund stehenden Aufgaben bestanden darin, nach Abschluß des Versuchsdurchgangs eine verbale Zeitschätzung über die abgelaufene Zeit abzugeben und die *Web Site* in allgemeiner Hinsicht zu beurteilen. Erwartet wurde, daß sich die Verweilzeiten mit den Annahmen zur Präsenzzeit plausibel beschreiben lassen, d.h. sie sollten sich vor allem im Bereich bis zu drei Sekunden nachweisen lassen.

An der empirischen Erhebung nahmen je 17 weibliche und männliche Probanden teil (Durchschnittsalter 25 Jahre). Jeweils 60 fortlaufende Wahlreaktion wurden aufgezeichnet. Danach wurde der Versuchsdurchgang automatisch beendet. *Abb. 1* zeigt eine Auswahl der vielfältigen Befunde, die durch die deskriptive Analyse der Verweilzeiten erreicht wurden. Insbesondere die Verteilung der Verweilzeiten belegt, daß die beim Explorieren der experimentellen Hypertextstruktur registrierten Verweilzeiten in den erwarteten Zeitabschnitt fallen. Die bei der spielerischen Erkundung von ansprechendem Bildmaterial anfallenden Beschäftigungszeiten mit den einzelnen Bildern können somit als ein weiterer Befund aufgefaßt werden, der mit den von Pöppel (1969, 1997) geäußerten Annahmen zur subjektiven Gegenwart vereinbar ist.

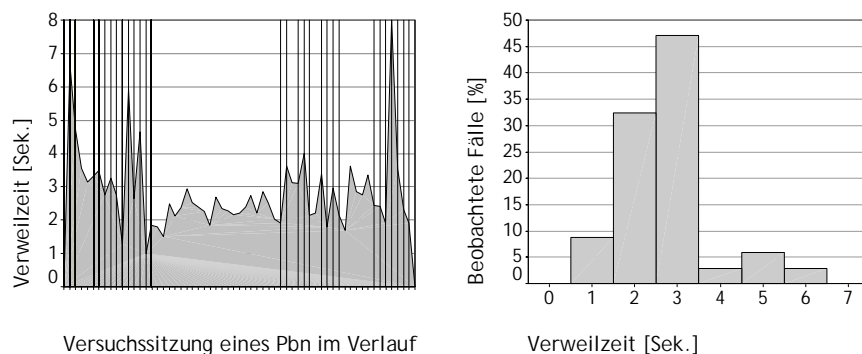


Abb. 1. Das Sequenzdiagramm (s.l.) illustriert beispielhaft den chronologischen Verlauf einer einzelnen Versuchssitzung. Auf der Kategorienachse sind die 60 aufeinanderfolgenden Wahlreaktionen, auf der Skala die entsprechenden Zeitdauern vor der Wahl abgetragen; Längsstriche indizieren Umschaltreaktionen zwischen verschiedenen Sprungmarken. Das Histogramm (s.r.) zeigt die Verteilung der mittleren Verweilzeiten der 34 Probanden (Intervallbreite eine Sek.).

3 Zweite Studie

Um weiteren Aufschluß über die postulierte Beziehung zwischen Verweilzeit und subjektiver Gegenwart zu bekommen, wurde für die zweite Studie eine experimentelle Herangehensweise gewählt. In der ersten Studie wurden ausgewählte Inhalte ohne auffällige Verzögerung geliefert, d.h. die Darbietung erfolgte ca. eine halbe Sekunde nach der Anforderung. Nun wurde die Verzögerung systematisch manipuliert. Geprüft wurde die Hypothese, daß eine SRZ größer als drei Sekunden zu einer emotionalen Belastung führt, die den Explorationsvorgang beeinträchtigt. Diese Hypothese steht in Konflikt mit technologischen Empfehlungen aus der Forschung zur Mensch-Computer Interaktion. Hier wird eine Zwei-Sekunden-Grenze (vgl. Holling, 1989) oder eine Ein-Sekunden-Grenze (Nielsen, 1998) als „Schallmauer“ angesehen.

Der Untersuchung lag ein einfaktorielles Versuchsplan zugrunde, wobei die SRZ zwischen den Probanden variiert wurde (0.75, 1.75, 2.75 und 3.75 Sekunden). An den Experiment nahmen 23 Frauen und 21 Männer teil (Durchschnittsalter 25 Jahre), die den vier Bedingungen zufällig zugeordnet wurden. Versuchsmaterial und -durchfüh-

ung blieben im Vergleich zur ersten Studie unverändert. Zusätzlich wurde direkt vor und nach der Sitzung ein Fragebogen zur Erhebung der emotionalen Belastung in bezug auf den Sitzungsverlauf vorgelegt (SES; Hampel, 1977).

Als abhängige Variable wurde die Verweilzeit der letzten 50 Wahlreaktionen gemittelt und der Indikator für emotionale Belastung (Prä-/Post-Messung) berechnet und in einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Verweilzeit) bzw. Kovarianzanalyse (Post-Werte der emotionalen Belastung mit Prä-Werten als Kovariate) verrechnet. Beide SRZ-Haupteffekte waren statistisch signifikant ($F_{(3,40)}=8.05$, $p<.01$ bzw. $F_{(3,39)}=2.86$, $p<.05$). Abb. 2 zeigt, daß die emotionale Belastung nach Beendigung der Exploration nur dann ansteigt, wenn die Navigation durch eine Verzögerung von mehr als drei Sekunden behindert wurde. Weiterhin dargestellt ist ein Befund im Zusammenhang mit der durchschnittlichen Verweilzeit: bis zu einer SRZ von ungefähr drei Sekunden steigt die Beschäftigungsdauer mit den Inhalten an, danach sinkt sie wieder ab.

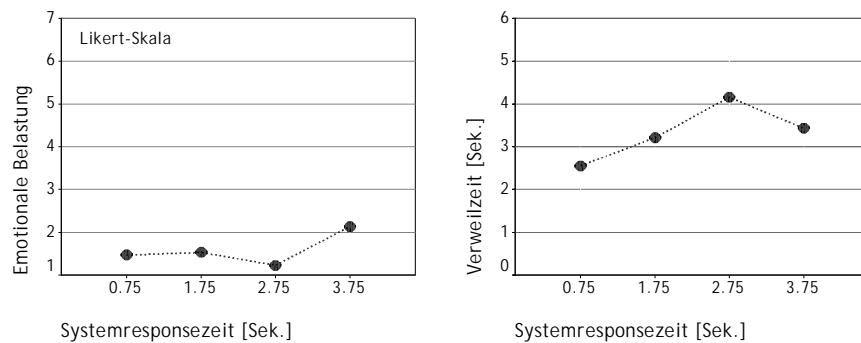


Abb. 2. Das linke Liniendiagramm veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Systemresponsezeit und emotionaler Belastung, das rechte den Zusammenhang zwischen Systemresponsezeit und Verweilzeit. Im linken Diagramm ist jeweils der adjustierte Mittelwert der Post-Messung angegeben, im rechten jeweils der Mittelwert der Verweilzeit.

4 Zusammenfassende Diskussion

Konkret wurde angenommen, daß eine Systemresponsezeit (SRZ) größer als drei Sekunden eine unmittelbare kognitive Integration der sequentiell abgerufenen Informationseinheiten hindert und den Explorationsvorgang hemmt. Entstehen nämlich zu lange SRZn – so unsere Annahme – können zeitlich nacheinander aufgesuchte Informationseinheiten nicht mehr mühelos durch einen zeitlichen Integrationsmechanismus verbunden werden. Die Daten stützen diese Annahme: bei großer SRZ (> drei Sekunden) sinkt das Ausmaß der Beschäftigung mit den frei gewählten Inhalten rapide ab. Dies sehen wir als ein Indiz für eine geringe Intensität des Explorierens. Offenbar wird die geringere Intensität durch die mit der längsten SRZ einhergehenden stärkeren emotionalen Belastung vermittelt. Die Probanden mit der längsten SRZ beschreiben ihre emotionale Lage deutlich negativer als Probanden, deren SRZ innerhalb der durch die angenommene Präsenzzeit beschriebenen Spanne von drei Sekunden liegt.

Solange nachfolgende Informationseinheiten zeitlich mühelos integriert werden können, entsteht also keine emotionale Belastung, überschreitet die SRZ jedoch die psychische Präsenzzeit, so entsteht ein qualitativer Sprung, die SRZ wird zur lästigen Wartezeit, und die Probanden reagieren dementsprechend verärgert.

Interessanterweise ergibt sich für die Bedingungen mit SRZn unterhalb von drei Sekunden ein linearer Zusammenhang zwischen SRZ und Verweilzeit, der so nicht erwartet werden konnte. Offenbar liegt bis zu einer SRZ von drei Sekunden keine Störung des Explorierens durch die SRZ vor. Erstaunlicherweise erfolgt die Exploration hier mit steigender Wartezeit sogar zeitlich intensiver, ein Effekt der beispielsweise mit Annahmen aus der Theorie der kognitiven Dissonanz zu erklären ist: Bei längeren SRZn entsteht größere Dissonanz, die durch ein intensiveres Verweilen bei der neuen Information kompensiert wird. Berücksichtigt man ein Ergebnis aus den Arbeitswissenschaften, bietet sich eine weitere Interpretation dieses Befundmusters an. Es wurde für sehr kurze SRZn festgestellt, daß sich die Benutzer dem „Rhythmus der Maschine“ anpaßten und deutlich mehr Fehler machten. Diese Synchronisierung zwischen Mensch und Maschine könnte ein allgemeines Phänomen sein, das allerdings ausschließlich in dem der Präsenzzeit zugeordneten Bereich stattfindet.

Zwangsläufig ergeben sich aus den erzielten Resultaten viele Fragestellungen, vor allem in Hinblick auf eine mögliche Abhängigkeit der beschriebenen Effekte von der Spezifik der dargebotenen Information. Eine Perspektive haben die Untersuchungen jedoch bereits jetzt eröffnet: für die Forschungsbemühungen zum Thema Hypertextnavigation ist es vorteilhaft, wenn der Explorationsvorgang als dynamische Handlung aufgefaßt und der Faktor Zeit konsequent in die Analysen einbezogen wird.

Literatur

- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis. Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen*. Göttingen: Hogrefe.
- Hampel, R. (1977). Adjektiv-Skalen zur Einschätzung der Stimmung (SES). *Diagnostica*, 23, 43-60.
- Holling, H. (1989). *Psychische Beanspruchung durch Wartezeiten in der Mensch-Computer Interaktion*. Berlin: Springer.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: Holt.
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: Towards a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 83, 323-353.
- Kohlisch, O. & Kuhmann, W. (1997). System response time and readiness for task execution: The optimum duration of inter-task delays. *Ergonomics*, 40, 265-280.
- Nielsen, J. (1998). Sun's new web design. *Sun Microsystems*. <http://www.sun.com>
- Pöppel, E. (1969). Oszillatorische Vorgänge bei der menschlichen Zeitwahrnehmung. In M. Irle (Hrsg.), *26. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (S. 388-398). Göttingen: Hogrefe.
- Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Science*, 1, 56-61.
- Sixtl, F. (1962). Die Erfassung von Sukzessionen bei Ausschaltung der aktiven Vergegenwärtigung. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 114, 337-377.
- Stern, L. W. (1897). Psychische Präsenzzeit. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 13, 325-349.