



Evaluation webbasierter Systeme mittels implizit erfasster Benutzerinteraktionen

· *Evaluation* · *Logfile-Analyse* · *webbasierte Systeme* · *Benutzerinteraktion*

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt eine Methode zur Evaluation webbasierter Systeme vor, bei der im Hintergrund aufgezeichnete Benutzerinteraktionen als Datengrundlage verwendet werden. Die einzelnen Anwendungsschritte der Methode werden exemplarisch anhand der arbeitswissenschaftlichen Lernplattform INTEGRAL II veranschaulicht und mit ihren Ergebnissen vorgestellt.

Praktische Relevanz

Mit geringem Erhebungsaufwand können Logfiles webbasierter Systeme als nicht-reaktives Beobachtungsinstrument für Interaktionen von Benutzern mit Prototypen und Software-Produkten genutzt werden. Möglichkeiten und Grenzen dieser Evaluationsmethode werden in diesem Beitrag anhand der exemplarischen Anwendung auf eine arbeitswissenschaftliche Lernplattform illustriert, sind aber auf andere Bereiche (z. B. E-Commerce) übertragbar.

Evaluation de système sur le web moyennant des interactions d'utilisateurs implicitement enregistrées

· *Evaluation* · *analyse de journal* · *système sur le web* · *interactions d'utilisateurs*

Résumé

Cet article démontre une méthode d'évaluation de système sur le web qui utilise à l'arrière plan, comme base de données, des interactions d'utilisateurs enregistrées. Les différentes étapes de travail de cette méthode sont présentées de manière exemplaire au moyen de la plateforme INTEGRAL II, une plateforme de e-formation de Recherche sur Travail et Organisation. Les résultats de cette méthode y sont également démontrés.

Importance Pratique

Des journaux de système sur le web peuvent être utilisés comme instrument d'observation non-réactif, qui demande seulement un minimum d'effort et de temps afin d'assembler les données sur les interactions d'utilisateurs avec des prototypes et des logiciels. Les possibilités et limites de cette méthode d'évaluation sont présentées dans cet article à l'aide d'une plateforme e-formation dans le domaine de système sur le web tant qu'utilisation exemplaire. De même cette méthode est transférable dans d'autre domaine comme p. ex. le e-commerce.

Evaluation of web-based systems by analyzing system-monitoring data of user interaction

· Evaluation · log file analysis · Web-based systems · user interaction

Summary

In this contribution a method for evaluating web-based systems is introduced, whereby the e-learning portal INTEGRAL II will be used as an exemplification. The proposed approach is based on system monitoring of user interaction by data capture in a server-log-file, and it additionally integrates external data. As such it is a user-based approach, which typically applies to prototyping or early stages of the product life-cycle. Due to its non-reactive character, the hypothesized biasing effects are supposed to be minimal. Especially server log-files are means of gathering objective, quantitative data which can not be derived by other means. Additionally the procedure is not very complex, that is, it is easy to conduct and does not take too much time to collect data. Log-files are records that are generated by the system automatically and incorporate information about access to and quitting the system, location of the user, time spent with the system and actions within the system. As illustrated in this contribution, these data can be analyzed and interpreted in seven steps. The analysis reveals specific results for the INTEGRAL II system as well as more abstract suggestions for usability testing in general. Log-file analyses in combination with other measures are powerful means of evaluating a web-based system. What information is provided by log-files? What technical framework must be considered for the interpretation? How can these implicit data be used to evaluate web-based systems? These questions are considered in detail in this contribution. The results of the particular work-steps are exemplified in parallel to the introduction of the method by a practical application. The e-learning portal INTEGRAL II, which has been implemented by 15 universities in Germany in order to share e-learning contents related to industrial engineering and ergonomics, is used as an example for a web-based system. Local course offers are supposed to be networked by implementing a platform to which every partner contributes e-learning modules and from which every partner can retrieve contributions from other universities. This platform currently provides 20 modules, which can not only be accessed by the project partners, but also by anyone who may be interested (<http://www.integral2.iaw.rwth-aachen.de>). Besides these modules there are communication features like chat, e-mail, forum discussions and video conferencing. These features can also be used by everyone (students, lecturers, and tutors) in order to communicate regardless of the particular location. Industrial science is supposed to be supported within different study programs, mainly in engineering, economics and humanities, but also in areas like design, architecture and computer science. The didactical use incorporates multi-medial support for classical forms of education (on-line lecture) as well as self-regulated study activities. To operate the system,

a web-server has been installed at the Institute of Industrial Engineering and Ergonomics at RWTH Aachen University, which provides the contents and communication facilities of the e-learning platform. A detailed overview of the platform's features as well as of the particular e-learning modules is given in Luczak & Schmidt (2005). In this study, INTEGRAL II users were more successful in a written exam (better performance) than non-users. Altogether, 173 students participated in the exam and a mean of 23.7 of 60 scores has been reached. 76 subjects used INTEGRAL II which commensurated with 44% of all possible users. The sample has been split into users and non users. Both groups were normally distributed (Kolmogorov-Smirnov test). The T-Test revealed a significant difference between the means of both groups ($p = 0.004$). The users of the e-learning system achieved 26.1 scores on the average whereas non-users obtained only 21.8 points (difference approx. 20%). The relationship between usage of INTEGRAL II and success is apparent in the light of the fact, that 4 of the 5 of the best results in the exams were performed by INTEGRAL II users, whereby 4 of the 5 of the worst exams were achieved by non-users. The correlation between usage time and scores on the exam was $r = 0.244$ ($p < 0.01$). Thus, there was a tendency to derive better scores if exposed to the system for a longer time. The total visiting time was approximately 41 minutes per visitor. Five persons used the system longer than 1.5 h and 3 persons even used it longer than 2 h. These prolonged usage times did not reflect a better performance on the exam, but seem to reflect a reduced capability of information processing, because users are either too slow or need to read the information several times. A quadratic regression revealed an optimal usage time of 73 minutes (60 minutes for test-exam and 13 minutes for orientation and evaluation). Thus, a usage time longer than 73 minutes correlated positively with lower score ($r = 0.313$; $p < 0.001$). On the average people were busy with each page view for 25 seconds. 7 persons needed longer than 40 seconds, whereby 3 subjects even took longer than one minute. This also correlated with worse performance ($r = -0.305$; $p < 0.01$). Thus, there is a negative correlation between view time and performance.

Practical Relevance

Log files of Web-based systems can be used as a non-reactive observational tool, that requires only little time and effort to gather data on user interactions with prototypes and software products. Potentials and limitations of this evaluation method are illustrated in this contribution on the basis of an e-Learning-platform in the field of industrial engineering and ergonomics as sample application. However, they are transferable to other fields of application (e.g. e-Commerce).



1 Einleitung

In diesem Beitrag soll eine Methode zur Evaluation webbasierter Systeme vorgestellt werden, die sich darauf stützt, dass bei der Nutzung solcher Systeme im Hintergrund Benutzerinteraktionen aufgezeichnet werden können. Diese Aufzeichnungen können dann für die weitere Analyse herangezogen werden. Welche Informationen stehen dabei grundsätzlich zur Verfügung? Welche technischen Rahmenbedingungen sind bei der Interpretation zu berücksichtigen? Wie lassen sich diese implizit weitergegebenen Informationen zur Evaluation webbasierter Systeme nutzen? Diesen Fragen soll im Folgenden im Detail nachgegangen werden.

Parallel zur Vorstellung der Methode werden die jeweiligen Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte exemplarisch anhand einer praktischen Anwendung veranschaulicht. Dazu wird als durchgängiges Beispiel für ein webbasiertes System eine Lernplattform verwendet.

Der Beitrag gliedert sich insgesamt in vier Teile. Zunächst erfolgt ein kurzer Überblick über das webbasierte System, das als exemplarischer Evaluationsgegenstand genutzt werden soll, und darüber, welche Evaluationsfragestellungen mit der hier vorgestellten Methode allgemein bei webbasierten Systemen untersucht werden können. Im zweiten Abschnitt werden der Evaluationsansatz und die Möglichkeiten, Benutzerinteraktionen in Logfiles zu speichern, beschrieben. Dazu wird der hier vorgestellte Ansatz im Vergleich zu anderen Evaluationsansätzen anhand einer Taxonomie näher charakterisiert. Der dritte Teil befasst sich mit den sieben Anwendungsschritten der Methode und den jeweiligen Ergebnissen dieser Schritte. Teil 4 umfasst die Zusammenfassung und einen kurzen Ausblick.

2 Exemplarisches webbasiertes System und Evaluationsfragestellungen

Als exemplarischer Evaluationsgegenstand soll das webbasierte System INTEGRAL II dienen, das von 15 Hoch-

schulpartnern zur mediengestützten Vermittlung von arbeitswissenschaftlichen Lerninhalten aufgebaut wurde. Die Entwicklung, Erprobung und Evaluation dieses E-Learning-Angebotes wurde vom BMBF im Förderprogramm „Neue Medien in der Bildung“ bis Ende 2003 unterstützt. Ein Teil der lokalen Studienangebote sollte im Rahmen dieses Kooperationsprojektes so miteinander vernetzt werden, dass thematisch abgegrenzte, von den einzelnen Partnern entwickelte Lernmodule standortübergreifend von allen Partnern über eine Internet-Lernplattform in der Lehre verwendet werden können (Schmidt 2003, Schmidt & Rötting 2003). Über eine gemeinsame Plattform steht ein Spektrum von 20 Modulen zur Verfügung, das unter der Adresse <http://www.integral2.iaw.rwth-aachen.de> nicht nur von den Projektpartnern, sondern auch von weiteren Interessenten eingesetzt werden kann. Neben diesen Lernmodulen stellt die Plattform zur webbasierten Kommunikation Funktionen wie Chat, Email, Forendiskussionen und Videokonferenzen zur Verfügung. Dies kann ebenfalls von allen Beteiligten, also sowohl von den Lernenden, als auch den Dozenten, zwecks standortübergreifender Kommunikation genutzt werden. Die arbeitswissenschaftliche Hochschullehre soll damit in ganz unterschiedlichen Studiengängen unterstützt werden, schwerpunktmäßig in den Ingenieur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften, aber auch für die Bereiche Design, Architektur und Informatik. Der didaktische Nutzungskontext reicht von der multimedialen Unterstützung der klassischen Präsenzlehre bis hin zum selbstgesteuerten und ortsunabhängigen Lernen der Studierenden. Hinsichtlich der technischen Umsetzung wurde ein zentraler Webserver am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen aufgebaut, der die Lernplattform mit ihren Inhalten und Kommunikationsfunktionen bereitstellt. Ein detaillierter Überblick zur Lernplattform INTEGRAL II sowie zum Inhalt und Einsatz der einzelnen Lernmodule und Funktionen wird in Luczak & Schmidt (2005) gegeben.

E-Learning-Konzepte gewinnen in der Hochschullehre immer mehr an Bedeutung. Nach einer repräsentativen Erhebung (Kleimann et al. 2005), die in Kooperation mit dem BMBF-Projektträger

„Neue Medien in der Bildung + Fachinformation“ unter 3811 Studierenden durchgeführt wurde, lag der E-Learning-Anteil eines Studierenden 2003 bei 12,5% seines Studienzeitaufwandes in einer typischen Semesterwoche, der E-Learning-Anteil beim Selbststudium außerhalb von Vorlesungen, Seminaren und Übungen betrug sogar 19%. 2004 verfügten 90% aller Studierenden über einen Internetzugang (2000: 55%), und im Jahr 2003 hatten 85% (2000: 34%) der Studierenden Kenntnis von E-Learning-Angeboten an ihrer Hochschule. Trotz dieser Steigerungen liegt der Anteil der Studierenden, die interaktive Lernangebote kennen und nutzen, bei 24% bzw. 23%. Der Großteil der Studierenden (83%) greift auf online zur Verfügung gestellte Lehrveranstaltungs begleitende Materialien zu, virtuelle Seminare oder Televorlesungen sind dagegen kaum bekannt und werden entsprechend wenig genutzt. INTEGRAL II stellt eine Plattform zur Verfügung, die sowohl Lehrveranstaltungs begleitende Materialien bereitstellt als auch die noch kaum genutzten Potenziale aufgreift und so zu einer weiteren Verbreitung von interaktiven E-Learning-Angeboten beitragen kann.

Losgelöst von diesem konkreten Beispielsystem lassen sich bei webbasierten Systemen verschiedene Evaluationsfragestellungen formulieren, die mit der hier vorgestellten Methode untersucht werden können. Betrachtet man einen Nutzungsvorgang, so können hinsichtlich der Evaluationsziele webbasierter Systeme folgende drei Bereiche differenziert werden:

- ♦ Woher und wie gelangen die Benutzer zum betrachteten System?
- ♦ Wie wird das Angebot genutzt?
- ♦ Wann und wie verlassen die Benutzer das System?

Zunächst stellt sich die Frage, woher die Benutzer kommen und wie sie zum System gelangen. Dahinter steckt auch die zentrale Fragestellung, ob und wie die potentielle Zielgruppe des Systems erreicht wird und wie die tatsächliche Nutzergruppe aussieht. Analysieren kann man zum einen die geographische und institutionelle Herkunft der Benutzer, zum anderen lässt sich betrachten,



über welche Querverweise auf anderen Webangeboten die Benutzer auf das System hingewiesen wurden. Ist ihnen die Webadresse bekannt und haben sie sie manuell in ihren Browser eingetippt oder ihre elektronischen Lesezeichen genutzt? Oder sind die Benutzer über Suchmaschinen zum System gelangt? Wenn dies der Fall ist, geben die dabei verwendeten Suchbegriffe näheren Aufschluss über den individuellen Zweck des Besuches.

Der zweite Bereich von Fragestellungen befasst sich damit, wie das Angebot in der Realität genutzt wird. Wie hoch ist der Anteil der tatsächlichen Benutzer gemessen an der potentiellen Zielgruppe? Welche Inhalte werden von welchen Benutzergruppen ausgewählt und wie lange setzen sie sich jeweils damit auseinander? Wird also das gesamte Spektrum genutzt oder selektiv nur ein Teil? Außerdem kann die Nutzungshäufigkeit, ihre Dauer und Intensität betrachtet werden, um daraus Rückschlüsse auf die Akzeptanz des Systems zu ziehen. Lassen sich typische Nutzungsmuster erkennen? Stimmt das Navigationsverhalten mit den geplanten Verläufen überein? Oder geben die Abweichungen dazu Anlass, das System hinsichtlich der Vernetzung der Seiten umzugestalten? Welche Funktionsbereiche werden wie stark frequentiert? Wie und wann wird beispielsweise eine Hilfefunktion in Anspruch genommen? Ist an den Stellen durch Umgestaltung eine bessere Benutzbarkeit zu erzielen? Für die Bewertung der ermittelten Kennzahlen kann zum einen ein relativer Vergleich zwischen Benutzern vorgenommen, zum anderen können aber auch externe Daten herangezogen werden, um z. B. einen Vergleich mit den Kennzahlen anderer Websysteme anzustellen.

Die Evaluation der technischen Funktionalität zählt auch zu diesem zweiten Bereich, soll hier aber nicht weiter verfolgt werden. Prinzipiell lässt sich aber z. B. ermitteln, ob fehlerhafte Hyperlinks und Zugriffsrechte vorliegen, ob die Übertragungsbandbreite ausreichend ist, oder wie die technische Verfügbarkeit und Auslastung des Systems aussieht.

Drittens kann man über die Betrachtung der Ausstiegsseiten aus dem System versuchen, die Frage zu beantworten,

ob der Benutzer beim Ausstieg sein Ziel erreicht hat, also ob am Ende einer Benutzersequenz zum Beispiel der Kauf eines Produktes oder der erfolgreiche Abschluss einer Lerneinheit steht. Oder wurde der Benutzungsvorgang schon vorher abgebrochen? Wie viele Teilschritte wurden zurückgelegt? War der Besuch einmalig oder kehrt der Benutzer erneut zum System zurück? Gibt es Zusammenhänge zwischen der Systemnutzung und anderen externen Daten der Benutzer?

3 Vorstellung und Einordnung des Evaluationsansatzes

Um diese Fragen zu beantworten, soll zunächst ein Blick auf die zugrunde liegenden Interaktionslogfiles geworfen werden, die die datentechnische Grundlage der Analyse des Interaktions- und Nutzungsverhaltens bilden. Sie lassen sich allgemein definieren als automatisch generierte Aufzeichnungen von Objektanforderungen und Aktivitäten der Benutzer, die ohne Beeinträchtigung der Interaktionen mit einem Prototyp oder Software-Produkt registriert werden.

Wie bei der Messung von Blickbewegungen, Herzfrequenz oder anderen physiologischen Größen besteht für die Auswertung ein genereller Interpretations-Spielraum, da nur indirekt von der Messgröße auf die inhaltliche Ursache geschlossen werden kann. Eine Zeitmessung bei der Nutzung eines Prototyps oder Produktes lässt sich unterschiedlich interpretieren. Sind abweichende Zeiten z. B. auf schwierig bzw. einfach zu verstehenden Inhalt zurückzuführen oder davon abhängig, ob die gesuchte Information einfach bzw. schwer zu finden ist? Oder besteht ein Zusammenhang mit der Aufmerksamkeit oder Motivation des Benutzers? Insbesondere bei unkontrollierten Untersuchungsbedingungen im Feld stellt sich zusätzlich die Frage, ob sich Nebentätigkeiten und andere Störeinflüsse auswirken.

Logfiles werden in der Mensch-Rechner-Interaktion schon seit langem genutzt. Vor 15 Jahren war es noch ein einfaches Protokoll der an einem Rechner gedrückten Tasten („Key-Log-

ging“), während es nach heutigem Stand der Technik problemlos möglich ist, über eine Software, die im Hintergrund zur eigentlichen Nutzungsanwendung eines Rechners läuft, synchron den Bildschirm zu filmen, dabei alle Interaktionen über Eingabegeräte zu protokollieren und zusätzlich noch den Ton aufzuzeichnen. Das Ergebnis steht dann z. B. als Videodatei zur weiteren Analyse zur Verfügung.

Im Bereich „Webserver“ werden standardmäßig Protokolle über alle Objektanforderungen und empfangene Informationen angelegt, daher ist hier die Verwendung von Logfiles besonders verbreitet. Oft werden ein längerer Zeitraum und viele Benutzer aggregiert betrachtet (Shuyler & Maddox 2002).

Zur näheren Charakterisierung der Methode lässt sich aus der Literatur ein Kriterienset ableiten (Maguire & Sweeney 1989, Sweeney et al. 1993, Baggen & Hemmerling 2000, Hilbert & Redmiles 2000, Ivory & Hearst 2001), das zur Einordnung von Evaluationsansätzen für die Mensch-Rechner-Interaktion genutzt werden kann. Auf Basis einer Metaanalyse werden hier insgesamt 10 zentrale Kriterien näher betrachtet, wovon in Bild 1 zunächst drei vergleichend gegenübergestellt sind.

Als erstes Kriterium lässt sich die Quelle der Evaluationsdaten heranziehen. Hier kann zwischen theoriebasierten, expertenbasierten und benutzerbasierten Quellen unterschieden werden, wobei sich letztere noch in Labor- und Felduntersuchungen als Datenherkunft unterteilen lassen. Die Evaluation mit Hilfe von Logfiles zählt zu den benutzerbasierten Ansätzen und kann sowohl im Labor als auch im Feld eingesetzt werden.

Eng verbunden mit dem ersten Kriterium sind zweitens verschiedene Evaluationskenngrößen. Auf Basis von theoretischen Modellen wird meist versucht, Verhalten zu prognostizieren und die mögliche Performanz bei der Aufgabenausführung zu ermitteln. Beispiele für solche Methoden sind GOMS (Goals, Operators, Methods and Selection Rules, Card et al. 1983) und CCT (Cognitive Complexity Theory, Kieras & Polson 1985), bei denen hierarchische Aufgaben-Ziel-Strukturen



Quelle der Evaluationsdaten	Exemplarische Evaluationskenngrößen	Üblicher Einsatzzeitpunkt im Software-Entwicklungsprozess			
		Spezifikation	Simulation, Mock-Up	Prototyp, α-Version	β-Version, Produkt
Theoriebasiert	Prognosen der Aufgaben-Ausführungszeit, Erlernbarkeit, Verständlichkeit				
Expertenbasiert	Konformität mit Gestaltungsstandards, Benutzbarkeit				
Benutzerbasiert (Labor)	Beanspruchung, Leistung, Nutzungsverhalten, Einstellung und Meinung				
Benutzerbasiert (Feld)	Motivation, Affektivität, Kognition und Verständnis				

Bild 1: 3 Kriterien für die Taxonomie der Evaluationsansätze in der Mensch-Rechner-Interaktion und Einordnung der hier vorgestellten Methode (grau unterlegt)

Figure 1: 3 criteria for the taxonomy of the evaluation in human-computer-interaction and classification of the method presented here (marked with grey)

Illustration 1: 3 critères concernant la taxonomie d'évaluation dans l'interaction homme-machine et du classement de la méthode présentée ici (souligné en gris)

zur Quantifizierung der menschlichen Informationsverarbeitungszeiten genutzt werden. Bei den expertenbasierten Ansätzen ist es meist das Ziel, die Konformität mit Kriterienkatalogen festzustellen, z. B. mit den in DIN EN ISO 9241-10 genannten Kriterien der Software-Ergonomie (Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Steuerbarkeit, Fehlerrobustheit, Individualisierbarkeit, Lernförderlichkeit). Beispiele für Methoden sind die Heuristische Evaluation nach Nielsen (1992), bei der z. B. die Wahrnehmbarkeit des Systemstatus oder die Konsistenz als Kriterien genutzt werden, oder die so genannten Cognitive Walkthroughs (Polson et al. 1992), bei denen ein Expertenteam alle Softwarefunktionen anhand von Standardaufgaben durchspielt. Dabei versucht es, aus Sicht eines unerfahrenen Benutzers potentielle Schwachpunkte zu identifizieren. Bei den Ansätzen, die den Benutzer als Informationsquelle miteinbeziehen, gibt es eine Vielzahl von Kenngrößen. Als Beispiele lassen sich die Beanspruchung anhand psychophysiologischer Messungen, Leistungskennzahlen wie Ausführungszeiten und Fehlerrate, das beobachtete

Nutzungsverhalten, Meinung und Affektivität, die sich über Befragungen ermitteln lassen, sowie Kognition und Verständnis nennen. Auch für diese letzteren beiden Kenngrößen gibt es Logfile-Auswertungsansätze, üblicherweise werden aber eher das Nutzerverhalten und die Leistung betrachtet.

Zum dritten kann man nach dem üblichen Einsatzzeitpunkt im Software-Entwicklungsprozess unterscheiden. Während theorie- und expertenbasierte Ansätze meist in den frühen und mittleren Phasen genutzt werden, sind die Benutzer oft erst in den mittleren bis späten Phasen gefragt. Eine ganz genaue zeitliche Zuordnung ist jedoch sehr stark fallabhängig. Logfile-Analysen finden meist im Zusammenhang mit Prototypen und Produkten statt.

Bezogen auf die benutzerbasierten Evaluationsansätze lässt sich außerdem eine Vielzahl weiterer Kriterien nennen, wie z. B.:

- Objektivität der Daten
- qualitative versus quantitative Daten

- Reaktivität des Verfahrens
- Standardisierungsgrad des Verfahrens
- summative versus formative Evaluation
- Erhebungsaufwand
- Auswertungsaufwand

Einordnen kann man die Nutzung implizit erfasster Benutzerinteraktionen über Logfiles als eine objektive Erhebung von Verhaltensvariablen, wobei quantitative Größen wie Zeiten, Nutzungsstatistiken und Interaktionssequenzen im Vordergrund stehen. Da Logfiles bei webbasierten Systemen auch aus technischen Gründen prinzipiell erhoben werden, sind sie für die Benutzer entweder selbstverständlich oder unbekannt und nicht reaktiv. Anders als bei Online-Befragungen, wo oft ein Teilnahmeanreiz geboten wird, ist hier mit Mehrfachteilnahmen und den entsprechenden Störeinflüssen nicht zu rechnen. Es gibt bestimmte Standards für Webserver-Logfiles und teilweise auch Standard-Kennzahlen für die Auswertung, z. B. Page Impressions. Aus Logfiles lassen sich vor allem summative, zusammenfassende Bewertungen vornehmen, die zum Vergleich von Alternativen genutzt werden können. Gestaltungsempfehlungen können jedoch indirekt abgeleitet werden. Der Erhebungsaufwand ist sehr gering, da alle Daten automatisch per Software erfasst werden können. Je nach Datenumfang und Detaillierung der Analyse ist der Auswertungsaufwand hoch bis sehr hoch, wobei sich die Auswertung jedoch per Software unterstützen lässt.

Es existieren zahlreiche Softwarelösungen zur Logfile-Aufzeichnung und -auswertung. Viele dieser Lösungen basieren auf einem Proxyserver, der die Datensammlung und eine einfache Standardauswertung übernimmt, z. B. die frei verfügbaren Systeme OpenWeb Survey (Baravalle & Lanfranchi 2003) und Web Quilt (Hong et al. 2001) oder das kommerzielle Produkt Web Rem-Usine (Paganelli & Paternò 2003). Bei diesen Softwaresystemen werden die Logfiles über einen Proxyserver aufgezeichnet, der zwischen Client und Server geschaltet ist. Web Quilt zeichnet dabei gesamten Benutzungsprozess

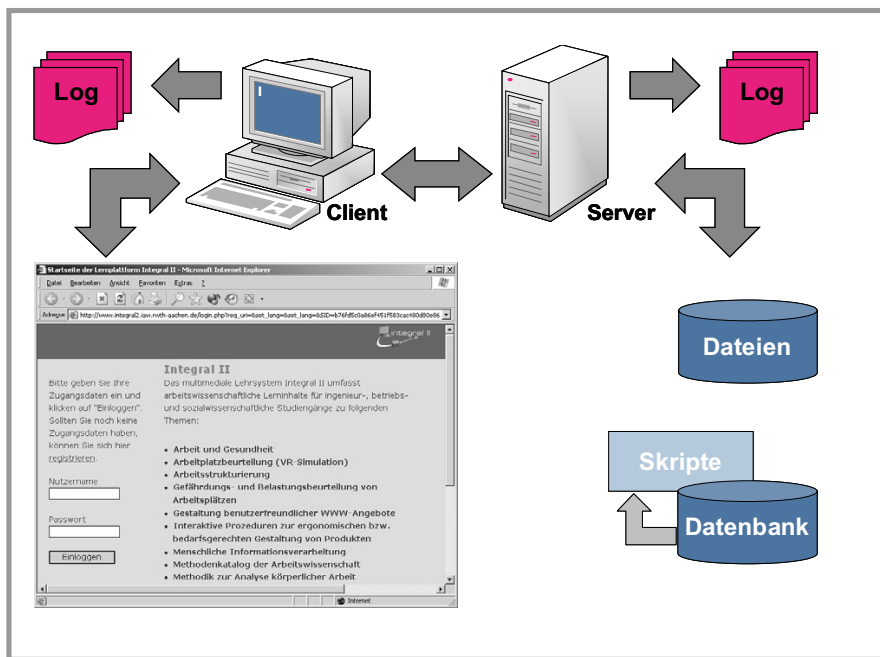


Bild 2: Aufbau webbasierter Systeme und Datenaufnahme
Figure 2: Structure of web-based systems and data registration
Illustration 2: Organisation de système sur le web et enregistrement de données

auf und erstellt eine umfangreiche grafische Auswertung der gesammelten Daten. Bei Web Rem Usine muss im Vorfeld der Evaluation ein Aufgabenmodell des zu evaluierenden Systems erstellt werden. Das Nutzungsverhalten wird dann anhand dieses Modells bewertet und die Ergebnisse textlich und grafisch aufbereitet.

Bei Open Web Survey wird ein anderer Weg beschritten. Hier wird durch den Proxyserver eine in zwei Frames aufgeteilte Webseite erstellt, die in einem Frame den Inhalt der gewünschten Webseite darstellt und in dem anderen Frame Fragen und Aufgaben zu der abgebildeten Seite stellt, die in entsprechenden Antwortfeldern vom Benutzer beantwortet werden. Die aktive und bewusste Teilnahme der Benutzer des zu evaluierenden Systems ist bei diesen Softwarelösungen erforderlich. So ist der explizite Zugang des Benutzers über den jeweiligen Proxyserver auf die Webseite nötig, da anderenfalls keine Daten aufgenommen werden können; bei Open Web Survey ist zudem die aktive Teilnahme bei der Beantwortung der Fragen erforderlich. Die Benutzer müssen also die Evaluation aktiv un-

terstützen, damit die erforderlichen Daten gesammelt werden können. Diesem Nachteil steht jedoch der Vorteil gegenüber, dass über diese Systeme ein beliebiges Webangebot untersucht werden kann, da die Datenaufnahme und -aufbereitung unabhängig vom Webserver des Betreibers des Angebotes erfolgt. Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz verzichtet auf die explizite Datenerhebung und Teilnahme an der Evaluation; jeder Benutzer des Systems trägt somit zur Evaluation bei.

4 Methodenanwendung und Ergebnisse

Im folgenden Teil dieses Beitrags soll nun die Methode anhand von sieben Anwendungsschritten und deren Ergebnissen näher beschrieben werden.

4.1 Datenaufnahme

Webbasierte Systeme bestehen aus Clients und Servern, die nicht kontinuierlich, sondern interaktionsabhängig

miteinander in Verbindung stehen. Exemplarisch sei eine einzelne Interaktion und der damit verbundene Ablauf näher betrachtet (Bild 2). Auf der Client-Seite könnte zunächst eine Benutzerinteraktion über die Maus, Tastatur oder ein anderes Eingabegerät erfolgen, beispielsweise wird im Browser die Adresse eines webbasierten Angebotes eingetippt. Daraufhin erfolgt die Interpretation durch die Client-Software, aus der eine Anfrage an den zuständigen Server resultiert, welches Objekt übertragen werden soll. Dabei wird ein Datenkopf übertragen und Zusatzinformationen über Softwareplattform, Browsertyp, Konfiguration (z. B. Sprache) und ggf. weitere Daten (z. B. Anmeldedaten). Auf der Server-Seite wird entsprechend der Anfrage und den gelieferten Zusatzinformationen die gesuchte Datei ausgewählt oder über Skripte aus einer Datenbank generiert. Dann wird dieses angefragte Objekt zusammen mit einem Statuscode vom Server zum Client übertragen. Dort werden die Daten im Browser dargestellt und bilden die Grundlage für die nächste Benutzerinteraktion.

Logfiles können dabei sowohl beim Client, als auch beim Server erzeugt werden. Im Folgenden sollen nur die server-seitigen Logfiles weiter betrachtet werden, da nur sie dem Betreiber eines webbasierten Systems unmittelbar zur Verfügung stehen.

Wie die oben beschriebene Sequenz bereits verdeutlicht, handelt es sich hier nicht um eine direkte Beobachtung der Benutzer, sondern ein Logging der Client-Anfragen nach Objekten und der daran gekoppelten Übermittlung von Zusatzinformationen. Dies bedeutet auch, dass bestimmte Informationen nicht im Server-Logfile auftauchen:

- die Navigation innerhalb einer Seite
- die Nutzung aktiver Inhalte wie Java-Applets
- Softwareoperationen wie Ausdrucken und Fensteröffnen
- Anfragen, die nicht an den Server weitergegeben werden, weil sie durch einen lokalen Zwischenspeicher oder einen zwischen geschalteten Proxy-Server bedient werden können

```

#Software: Microsoft Internet Information Services 5.0
#Version: 1.0
#Date: 2004-05-05 22:17:59
#Fields: date time c-ip cs-username s-sitename s-computername s-ip s-
port cs-method cs-uri-stem cs-uri-query sc-status sc-bytes cs-bytes cs-
host cs (User-Agent) cs (Referer)

2004-05-06 13:19:49 137.226.222.5 - W3SVC1 INTEGRAL2 137.226.222.37 80
GET /login.php req_uri=&set_lang= 200 15132 502 www.integral2.iaw.rwth-
aachen.de Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+6.0;+Windows+NT+5.1;+Q312461)
http://www.google.de/search?hl=de&ie=UTF-8&oe=UTF-
8&q=arbeitswissenschaftliche+lernplattform&meta= Hit 1

2004-05-06 13:19:53 137.226.222.5 - W3SVC1 INTEGRAL2 137.226.222.37 80
GET /index.php acct_name=gast&acct_pass=gastlogin 200 19229 488
www.integral2.iaw.rwth-aachen.de Hit 2
Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+6.0;+Windows+NT+5.1;+Q312461)
http://www.integral2.iaw.rwth-aachen.de/login.php?req_uri=&set_lang=

2004-05-06 13:19:53 137.226.222.5 - W3SVC1 INTEGRAL2 137.226.222.37 80
GET /styleguide/struktur/images/desk_o.gif - 200 1349
www.integral2.iaw.rwth-aachen.de
Mozilla/4.0+(compatible;+MSIE+6.0;+Wind
/www.integral2.iaw.rwth-

```

Bild 3: Inhalt eines Webserver-Logfiles
Figure 3: Content of web-server log-files
Illustration 3: Contenu d'un journal

- Anzahl der gesendeten Bytes vom Server zum Client
- Anzahl der gesendeten Bytes vom Client zum Server
- Hostname, der vom Client zum Server geschickt wurde
- Informationen über den verwendeten Browser und das Betriebssystem
- Referrer (Angabe über die zuvor betrachtete Webseite, ggf. mit den dort übergebenen Parametern)

Der Referrer-Eintrag ist sehr nützlich, da er u. U. unmittelbar verrät, von welcher Seite der Benutzer einem Hyperlink gefolgt ist, um zum betrachteten webbasierten System zu gelangen. Im Beispiel in Bild 3 hat er eine Suchmaschine genutzt, dort die Begriffe „arbeitswissenschaftliche lernplattform“ eingegeben und anschließend auf einen Ergebniseintrag geklickt.

Daher sind keine exakten Werte für die Zugriffe möglich, sondern nur näherungsweise Schätzungen, es sei denn, der Zugriff auf den lokale Speicher oder Proxy-Server wird durch spezielle Seitengestaltung verhindert.

Im Folgenden soll zunächst ein Standard-Webserver-Logfile betrachtet werden (Bild 3).

Die systematische Form der Daten lässt bestimmte wiederkehrende Blöcke erkennen, auch wenn Aufbau und Datenfelder vom verwendeten Webserver abhängig sind. Das hier genutzte Extended Logfile-Format (vgl. Hallam-Baker & Behlendorf 2005) beginnt mit einem Definitionskopf, der je nach gewählter Anpassung dieses Protokolls die jeweils verwendeten Felder bezeichnet. Je angefordertem Objekt ist dann im Folgenden ein Block von Daten zu finden, so dass insgesamt lange Textdateien für einen bestimmten Zeitraum entstehen.

Im Einzelnen werden folgende Informationen aufgezeichnet:

- Datum und Uhrzeit der vollendeten Sendung (vom Server zum Client, Greenwich Mean Time)
- IP-Adresse des Clients, an den das Objekt geschickt wurde
- Benutzername, falls eine Identifikation stattfindet
- Sitename des Servers
- Computernamen des Servers
- IP-Adresse des Servers
- Übertragungspfort des Servers (z. B. 80 für Hypertext Transfer Protocol HTTP)
- nähere Bezeichnung der Anfrage, die vom Client zum Server geschickt wurde
- Verzeichnis und Name des angefragten Objektes
- Status-Code, der über den Erfolg der Sendung Auskunft gibt (z. B. 200: ok, 404: Fehlermeldung)

Eine erste Kenngröße ergibt sich aus der Anzahl solcher Blöcke im Logfile. Jeden solchen Eintrag eines einzelnen Objektabrufes bezeichnet man auch als „Hit“. Die Anzahl der Hits wurde zunächst auch als Maß für die Popularität eines Webangebotes betrachtet, allerdings ist diese Zahl zu Vergleichszwecken nicht besonders aussagekräftig, da sie unabhängig vom Übertragungs-Statuscode ist und jeder einzelne Objektabruf gezählt wird. Besteht eine abgerufene Seite z. B. aus einem Text und zehn dort verankerten Grafiken, so werden 11 Hits protokolliert. Daher haben sich stattdessen andere Standardmaße etabliert, wie z. B. die Anzahl der Page Views (auch als Page Impressions bezeichnet), die den Abruf einer vollständigen Seite beschreibt, ohne alle verankerten Elemente zusätzlich zu zählen. Dieses Maß muss aber zunächst aus dem Logfile abgeleitet werden und steht erst nach entsprechender Aufbereitung zur Verfügung.

4.2 Auflösung der erfassten IP-Adressen über den Domain Name Service

Nach der Datenaufnahme im Logfile erfolgt nun im nächsten Schritt die

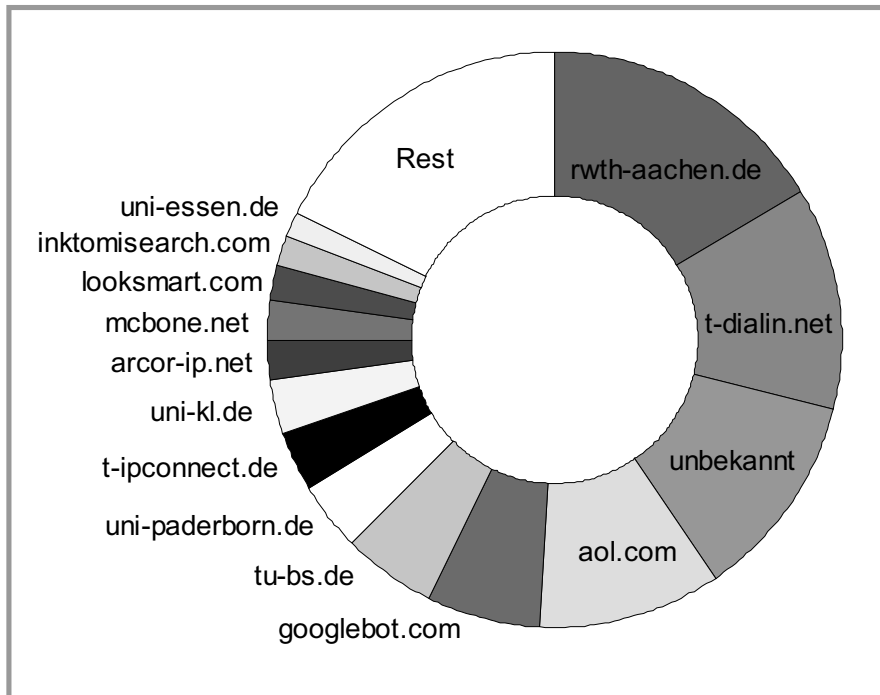


Bild 4: Exemplarische Verteilung der Second-Level-Domains für den Zugriff auf das webbasierte System INTEGRAL II in einem 93-Tage-Zeitraum Anfang 2004 (n=327.030 Hits)

Figure 4: Exemplary distribution of the second-level-domain for access to the web-based system INTEGRAL II in a time period of 93 days at the beginning of the year 2004 (n=327,030 hits)

Illustration 4: Distribution exemplaire de Second-Level-Domain pour l'accès à INTEGRAL II début 2004 et dans une période de 93 jours (n=327.030 résultats)

Nutzung des Domain Name Service (DNS), mit dem die numerische IP-Adresse eines Rechners aus dem Logfile meist in den Rechnernamen aufgelöst werden kann, so dass beispielsweise aus der IP-Adresse „131.234.169.104“ der Name „cafe-bohne4.uni-paderborn.de“ abgeleitet werden kann. Daraus lässt sich in gewissem Maße auf die Herkunft der Anfrage rückschließen. Vermutlich handelt es sich bei diesem Beispiel um einen Rechner eines Internet-Cafés innerhalb der Uni Paderborn.

Wertet man das Beispiel-Logfile der webbasierten Lernplattform nach Auflösung der IP-Adressen aus, so ergibt sich die in Bild 4 dargestellte Verteilung der Second-Level-Domains. Mit dem Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist bereits eine erste Beurteilung möglich, ob die intendierte Zielgruppe der web-

basierten Plattform überhaupt erreicht wurde.

Zumindest für einige Standorte des exemplarischen Anwendungsfalls lässt sich dies anhand der Protokolle belegen, da das hochschulspezifische E-Learning-Angebot zu Rechnernamen führte, die relativ gut den einzelnen Universitäten zuzuordnen sind. Das hier ausgewertete Logfile von Mitte November 2003 bis Mitte Februar 2004 umfasst einen Zeitraum, zu dem die Entwicklung der Lernplattform abgeschlossen war, so dass kein Problem der Differenzierung zwischen Erstellung und Nutzung der Inhalte besteht, die sich anhand der Logfile-Daten nur schwer unterscheiden lassen. Das Ergebnis spiegelt den Einsatz des webbasierten Systems in der Lehre wieder. Die intensive Nutzung während des Untersuchungszeitraums in Aachen, Braunschweig,

Paderborn und Kaiserslautern ist u.a. auf eine Verankerung im Kontext mit der präsenzorientierten Hochschullehre zurückzuführen, die Auslöser für die Nutzung war. Diese Verbindung von präsenzorientierter und webbasierter Lehre (Blended Learning) stellt sicher auch für die nachhaltige Nutzung einen wesentlichen Faktor dar.

Eine weitere Auflösung der IP-Adressen zeigt, dass nur wenige Zugriffe über Proxy-Server erfolgten, was vermutlich auf die breitbandigen Webzugänge der Universitäten zurückzuführen ist. Neben geographischer oder institutioneller Herkunft lassen sich auch Zugriffe über Internet Service Provider wie „T-Online“ oder „AOL“ identifizieren, was für eine Nutzung der Plattform durch Studierende auch von zu Hause aus spricht.

4.3 Vorfilterung

Einige aufgelöste IP-Adressen geben Hinweise auf Pseudo-Benutzer, z. B. automatische Suchmaschinen (Spider, Robots, Wanderer), E-Mail-Adressensammler oder Hyperlink-Prüfer, die sich im nächsten Auswertungsschritt ausfiltern lassen. Diese generelle Vorfilterung umfasst aber auch weitere Störfaktoren (z. B. Zugriffe auf das Webangebot mit Fehlermeldungen, Zugriffe auf einzelne Grafiken innerhalb von Seiten und auf Seitenformatierungsangaben). Danach lassen sich Aussagen über die Anzahl der betrachteten Seiten (Page Views) und über die anfordernden Rechner machen.

Eine konkrete Zuordnung zwischen diesen Rechnern und den Benutzern des webbasierten Systems ist nicht unproblematisch, da zum einen die Vergabe von IP-Adressen aufgrund eines beschränkten Adress-Kontingents beim Anmelden im Netzwerk insbesondere bei Einwahl- und Wireless LAN-Zugängen meist dynamisch erfolgt, d. h. eine IP-Adresse wird zu unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils anderen Rechnern zugewiesen (bzw. gleichem Rechner bei mehreren Sitzungen unterschiedliche IP-Adressen zugewiesen). Zum anderen haben Rechner von Netzwerken, die durch eine Firewall vom Internet abgeschirmt sind, nach außen die gleiche IP-Adresse (Network Address Translation). Außer-

dem kann der gleiche Benutzer unterschiedliche Rechner verwenden (z. B. an der Uni und zu Hause) oder unterschiedliche Benutzer den gleichen Rechner (z. B. in einem Computer-Pool). Die Konsequenz ist, dass allein über die IP-Adresse im Webserver-Logfile im Allgemeinen keine eindeutige Identifizierung von Benutzern möglich ist.

Eine Lösungsmöglichkeit dieses Problem besteht darin, neben dem Webserver-Logfile weitere Protokolle zu verwenden, z. B. über die Benutzeranmeldungen beim webbasierten System. Dies war beim webbasierten System INTEGRAL II im Untersuchungszeitraum obligatorisch, da der offene Zugang ohne Anmeldung über einen freien Gastaccount gesperrt wurde. Ergänzend wurde auch das Protokoll der Neuansmeldungen verwendet (Benutzerdatenbank mit Registrierungsdaten).

4.4 Sessionizing

Das Logfile enthält einzelne Objektabrufe verschiedener Clients. Mit dem Sessionizing bezeichnet man das Zusammenfassen einer Folge von Abrufen eines Clients zu einem Visit. Ein Visit bezeichnet also einen zusammenhängenden Nutzungsvorgang durch einen Client.

Dies kann durch Nachverfolgen der spezifischen Zusatzinformationen wie Browser und Betriebssystem und des Referrers erfolgen oder indem ein bestimmtes Zeitfenster betrachtet wird. Erfolgt innerhalb dieses Zeitfensters kein weiterer Zugriff, wird ein Visit als beendet angesehen, wobei üblicherweise eine Standardruhezzeit von 10 Minuten zugrunde gelegt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Vergabe einer Session-ID für jeden Nutzungsvorgang, die an die Adresse im Browserfenster angehängt wird.

Mit den Kennzahlen „Page Views“, „Visits“ und „Zeit pro Visit“ sind nun periodische Zusammenfassungen zu zeitlichen Nutzungsstatistiken möglich. Ein Tagesverlauf zeigt die Nutzung während Arbeits- und Freizeitstunden oder, dass internationale Besucher nachts auftauchen. Beim Wochenverlauf wird die unterschiedliche Nutzung werktags und am Wochenende

deutlich und der Jahresverlauf zeigt die Jahreszeiteinflüsse und langfristige Trends auf. In diesen zeitlichen Nutzungsstatistiken wird auch der Einfluss externen Faktoren sichtbar (Wetter, regionale Feiertage, Sport und andere Ereignisse, Marketing-Maßnahmen usw.).

Die Gesamtnutzung der Lernplattform in Abhängigkeit von der Zeit ist in Bild 5 dargestellt.

Die Anzahl der registrierten Benutzer (Bild 5 oben) lag während der Projektlaufzeit in den letzten Monaten relativ konstant bei etwa 380. Nach einer Aktion zur Öffentlichkeitsarbeit Ende Dezember, bei der ca. 80 Institute angeschrieben wurden, sind Anfang Januar steigende Registrierungszahlen zu finden. Momentan sind zwar über 700 Nutzer registriert, aber möglicherweise sind damit nur einmalige Nutzungsvorgänge verbunden gewesen.

Ein wesentlich differenzierteres Bild für die Nutzungshäufigkeit des Systems liefert der Verlauf der Anzahl der Visits

pro Woche wie er im Vergleich in Bild 5 unten aufgetragen ist. Hier wird der Nutzungsrückgang während der Weihnachtsferien deutlich und der sprunghafte Anstieg nach der oben beschriebenen Marketing-Maßnahme.

Betrachtet man zusätzlich die Zeit pro Visit als Maß für die Nutzungsintensität (vgl. Fuller & de Graaf 2005), so muss man allerdings konstatieren, dass diese zunächst bis Mitte Januar noch sehr niedrig war. Viele der neuen Benutzer haben sich also nur einen kurzen Eindruck verschafft, ehe sie die Lernplattform wieder verlassen haben. Die Steigerungen ab Mitte Januar werden weiter unten gesondert behandelt.

Die Nutzung des Gesamtsystems in Abhängigkeit von der Uhrzeit spiegelt Bild 6 wieder. Auffällig ist, dass die Nutzungshäufigkeit gemessen in Visits zwischen 15 und 16 Uhr ihr Maximum erreicht. Nimmt man die Nutzungsdauer pro Visit als Maß für die Intensität, so ist diese in den Abendstunden zwischen 21 und 0 Uhr deutlich größer als tagsüber.

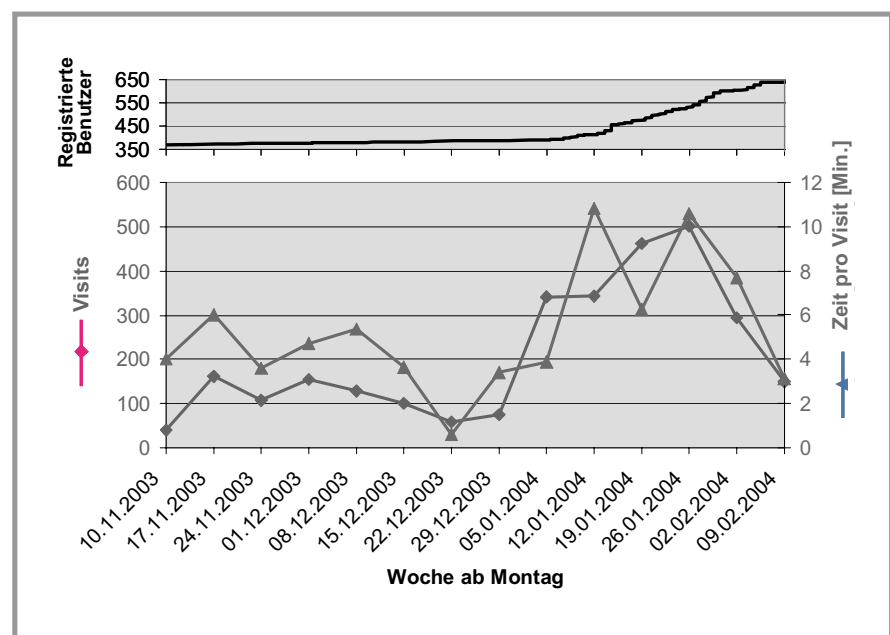


Bild 5: Nutzung des Gesamtsystems nach Wochen (93-Tage-Zeitraum, 2.916 Visits, 112.027 Page Views)

Figure 5: Usage of the whole system in different weeks

Illustration 5: Utilisation de système sur le web par semaine

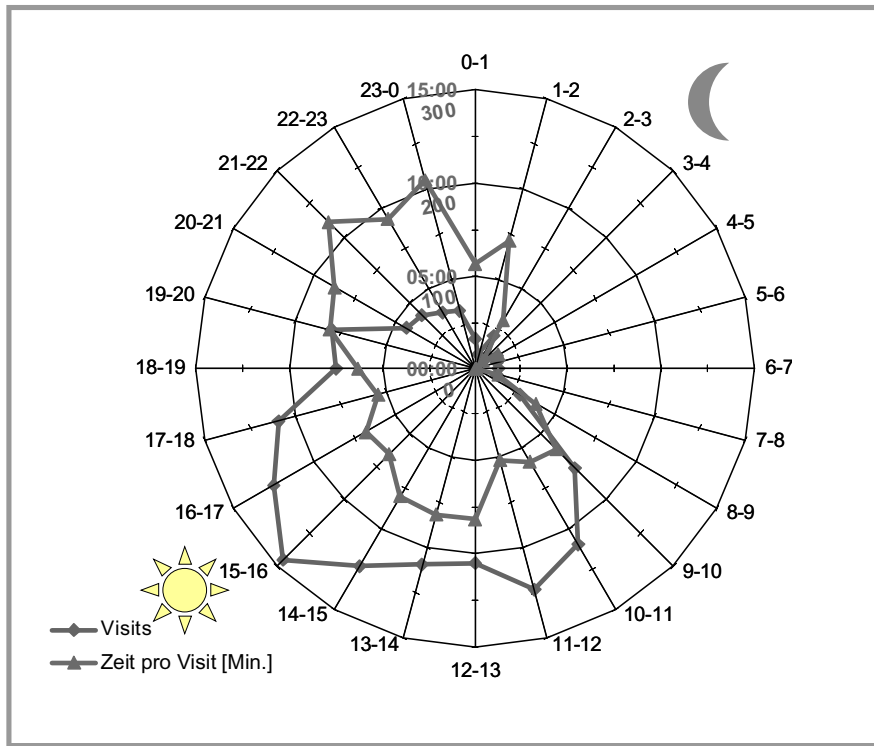


Bild 6: Nutzung des Gesamtsystems nach Uhrzeit (93-Tage-Zeitraum, 2.916 Visits, 112.027 Page Views)

Figure 6: Usage of the system displayed by time of day

Illustration 6: Utilisation de système sur le web par heure

Eine ähnlich inhomogene zeitliche Nutzungsverteilung der Lernplattform ergibt die Betrachtung nach Wochentagen. Montags bis donnerstags sind viele Visits zu verzeichnen, am Wochenende, insbesondere sonntags, ist mehr Zeit pro Visit zu messen, so dass man hier eine größere Nutzungsintensität feststellen kann.

4.5 Semantische Kodierung und Festlegen von Kategorien für die Auswertung

Wie oben beschrieben enthalten Logfiles Daten des Nutzungsverhaltens auf einer systemnahen Ebene. Protokollierte Ereignisse wie Seitenabrufe und Interaktionen über Benutzungselemente wie ein Mausklick hatten jedoch in unterschiedlichen Bereichen möglicherweise jeweils eine andere Intention (vgl. Hilbert & Redmiles 2000). Um die Frage nach der spezifischen Bedeutung der

Benutzerinteraktionen besser beantworten zu können, werden die einzelnen Seiten inhaltlich semantischen Kategorien zugeordnet, deren Auswahl unmittelbar vom Evaluationsziel abhängt.

Setzt man sich z. B. die Modellierung und Analyse des Navigationsverhaltens über Zustands-Transitions-Diagramme oder Entscheidungsbäume zum Ziel, können Navigationssequenzen die Übergänge zwischen den Kategorien beschreiben (vgl. Hilbert & Redmiles 2000). Hinter einer Sequenz könnte dann die Bedeutung liegen, dass sich ein Teil der Benutzer von einer Überblickskategorie zu einem Detailbereich bewegt, ein weiterer Benutzerteil zu einer anderen Unterkategorie, dann gehen beide Gruppen ohne weitere Verzweigung jeweils tiefer in die folgenden Details usw. Mit Übergangswahrscheinlichkeiten versehen lassen sich so typische Verhaltensmuster identifizieren. In Untersuchungen werden daran z. B. bestimmte Vorgehens-

strategien festgemacht (zielgerichtete Suche, zweckgebundenes Browsen oder exploratives Stöbern). Es zeigt sich dabei eine starke Abhängigkeit von den Gestaltungsmerkmalen des Angebotes (Charakter des Hypertextes, Hierarchietiefe, Navigationshilfen, Suchmöglichkeiten).

Untersucht man als semantische Kategorien verschiedene Funktionsbereiche, könnte man bei einer Lernplattform z. B. zwischen Login, rezeptivem Lernbereich, interaktiven Übungen, Hilfe, Kommunikationsbereich und Lesezeichenfunktion unterscheiden. Eine Untersuchungsfragestellung wäre, ob sich damit Gruppen von Benutzern, z. B. verschiedene Lerntypen, identifizieren lassen.

Außerdem könnte sich eine Zuordnung auch am Inhalt orientieren. Als semantische Kategorien wurden bei der Lernplattform

- 17 einzelne thematische Lernmodule,
- 2 Querschnitts-Kategorien mit Methodensammlungen und
- eine Kategorie „Selbstbewertung“ mit alten Prüfungsaufgaben verwendet.

Nicht den Kategorien zuzuordnende Interaktionen (Forendiskussionen, Email, Videochat etc.) werden im nächsten Schritt von der Analyse ausgeschlossen. So lassen sich dann zusammen mit den Nutzungszeiten Hinweise auf die Interessen der Benutzer identifizieren.

Die Zuordnung der semantischen Kategorien lässt sich aufgrund der damit verbundenen Interpretation nicht vollständig automatisieren und muss zumindest teilweise „von Hand“ vorgenommen werden.

4.6 Zielfilterung

Nach dieser Zuordnung erfolgt im nächsten Schritt die Zielfilterung, die neben den Kategorien noch weitere Nebenbedingungen berücksichtigt.

Auf Basis einer Anforderungsanalyse wurden für die E-Learning-Anwendung

INTEGRAL II vier didaktische Kernszenarien abgegrenzt:

- Präsentationshilfe für Dozenten in einer Präsenzveranstaltung (z. B. Vorlesung),
- Aufgabenbearbeitung durch die Lernenden in einer Präsenzveranstaltung (z. B. Übung),
- orts- und zeitunabhängige Aufgabenbearbeitung durch die Lernenden (z. B. zur Prüfungsvorbereitung) und
- orts- und zeitunabhängige Bearbeitung komplexer Fallbeispiele (z. B. Studienarbeit).

Das dritte Szenario mit der orts- und zeitunabhängigen Aufgabenbearbeitung durch die Lernenden soll hier im Hinblick auf die E-Learning-gestützte Vertiefung des Vorlesungsstoffs und die gezielte Prüfungsvorbereitung untersucht werden.

Außerdem wurden anhand der Anforderungsanalyse fünf Benutzerrollen definiert:

- Lernende: Studierende im Grund- und Hauptstudium,

- Dozenten: Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter,
- Autoren/Betreuer: überwiegend wissenschaftliche Mitarbeiter,
- Administratoren: wissenschaftliche Mitarbeiter, Hilfskräfte, Mathematisch-Technische Assistenten und
- Gäste: Interessenten, die ohne Registrierung auf ein eingeschränktes Angebot zugreifen können.

Um hier die Zielgruppe der Lernenden herauszugreifen genügte die Sperrung des Gastaccounts und ein Untersuchungs-Zeitintervall am Ende der Projektlaufzeit jedoch nicht. Die Nutzerrollen ließen sich anhand der Protokolle nicht eindeutig zuordnen. Außerdem war die dezentral organisierte Nutzung an den einzelnen Standorten zu unterschiedlich, so dass man auch nicht von kontrollierten Bedingungen sprechen konnte.

Daher erfolgte die Analyse mit der nicht am Projekt beteiligten Uni Paderborn als neutralem, nicht projektbeeinflussten Versuchsfeld. Hier gab es also auch keine Autoren und Betreuer der Lernmodule sowie keine Administratoren. Betrachtet wurde eine

Grundlagenvorlesung „Arbeitswissenschaft“, die inhaltlich in etwa dem Spektrum der INTEGRAL-II-Lernmodule entspricht. Etwa 230 Studierende der Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen/Maschinenbau bzw. Elektrotechnik sowie Diplom Maschinenbau besuchten die Vorlesung, 201 Klausuranmeldungen lagen vor und schließlich gab es 173 Klausurteilnehmer. Es bestand eine prinzipielle Zugangsmöglichkeit für alle Studierenden über Ressourcen der Universität (WLAN, Computer-Pools, Einwahlzugänge). Diese kontrollierten Bedingungen ließen eine zielgenaue Filterung zu.

Es gibt einen klar abgegrenzten Nutzungszeitraum, der mit einer anfänglichen Information über das System an die Studierenden am 16.01.2004 beginnt. Zuvor war dieser Zielgruppe das webbasierte System unbekannt, und es gab keine registrierten Nutzer aus Paderborn. Im Hinblick auf das dritte Lernszenario erfolgte kein Einsatz von INTEGRAL II als Präsentationshilfe oder in einer Übung. Der Zeitraum endet mit der Klausur am 30.01.2004 nachmittags. Nach der Zielfilterung wird ab hier nur noch die Nutzung der Lernmodule durch diese Benutzergruppe im oben genannten Untersuchungszeitraum betrachtet (Bild 7).

Man erkennt deutlich die Zunahme der Visits mit näherrückender Prüfung. Der Durchschnitt lag bei 12,8 Visits pro Tag. Während dieser 15 Tage konnten 76 unterschiedliche Besucher registriert werden, die durchschnittlich 2,5 Visits machten, 26 Besucher machten nur einen Visit.

Die Anzahl der Page Views als Maß für die Nutzungsbreite schwankte stark und nahm auch tendenziell im Verlauf zu. Durchschnittlich fanden 38 Page Views pro Visit statt. Eine Seite wurde im Schnitt 25 Sekunden lang betrachtet.

Die Anzahl der Page Views korrelierte stark mit der Zeit pro Visit, die ebenfalls in Bild 7 dargestellt ist.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass sowohl die Nutzungshäufigkeit als auch die Nutzungsintensität bis einen Tag vor der Klausur stark anstieg, dann brach die Anzahl der Visits wieder zusammen.

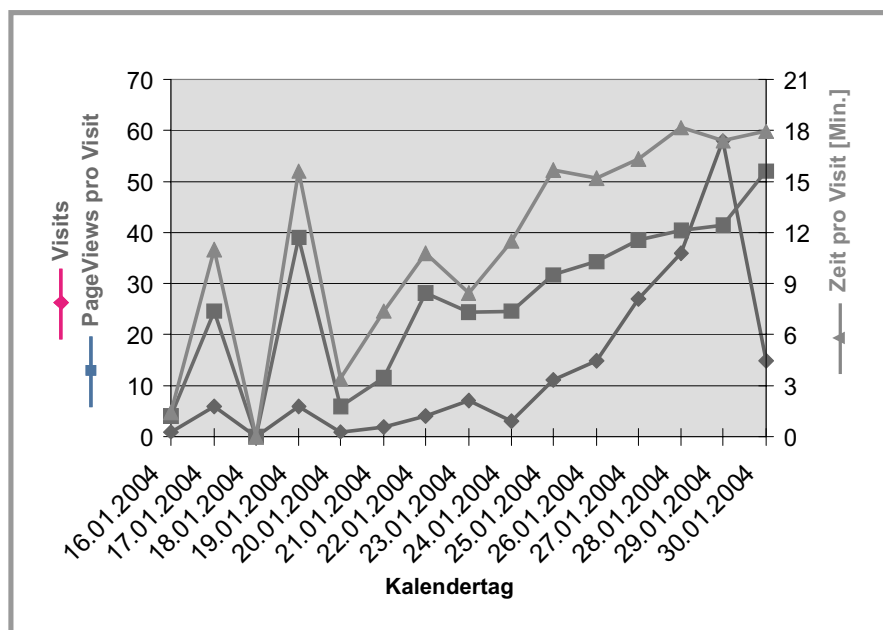


Bild 7: Nutzung der Lernmodule durch Klausurteilnehmer nach Kalendertag (15-Tage-Zeitraum, 76 Besucher, 192 Visits, 7.319 Page Views)

Figure 7: Usage of the learning modules by examination participants by day

Illustration 7: Utilisation des modules d'étude par les participants d'examen par jour

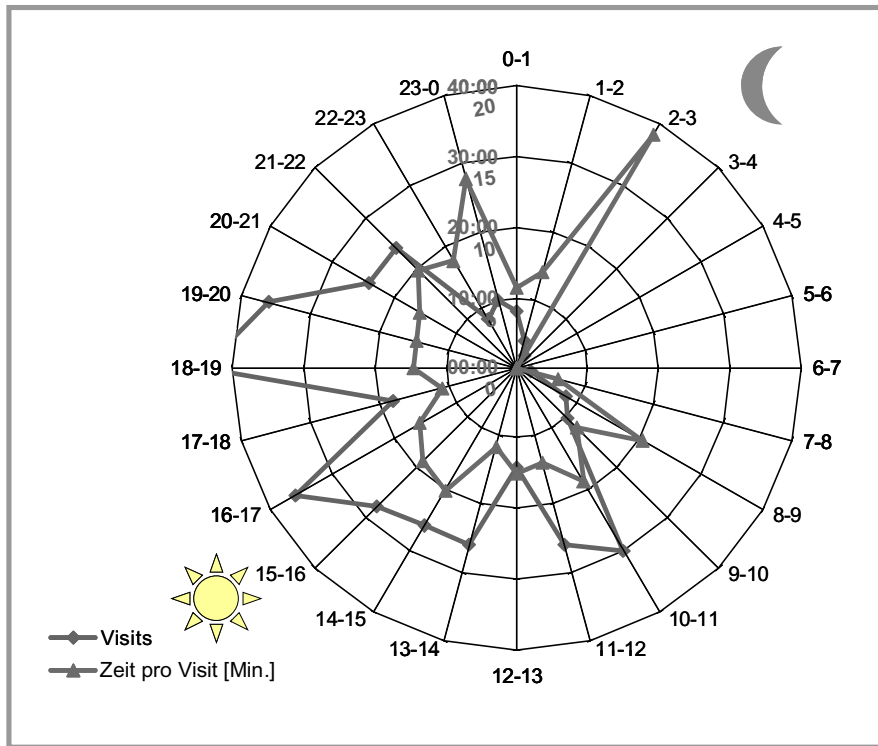


Bild 8: Nutzung der Lernmodule durch Klausurteilnehmer nach Uhrzeit (15-Tage-Zeitraum, 76 Besucher, 192 Visits, 7.319 Page Views)

Figure 8: Usage of the learning modules by participants of a written exam by time of day

Illustration 8: Utilisation des modules d'étude par les participants d'examen par heure

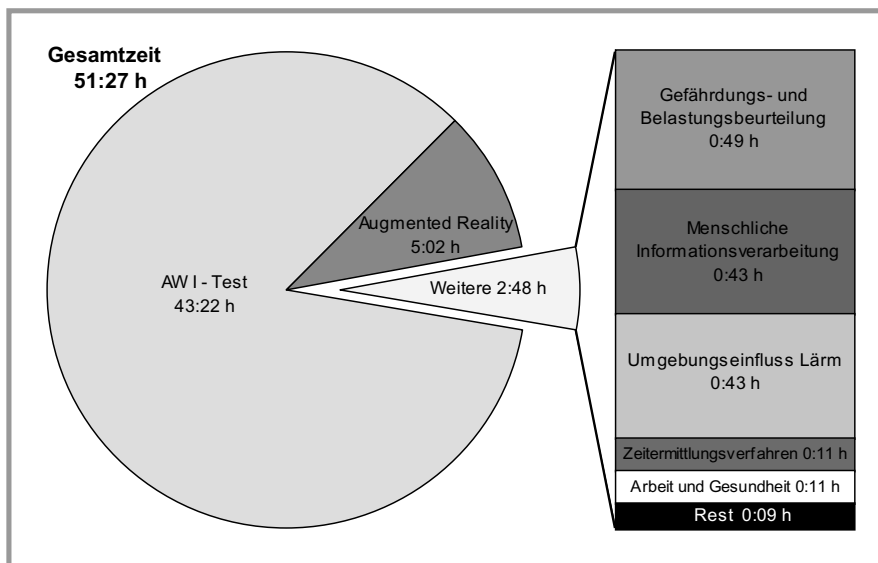


Bild 9: Nutzung der Lernmodule durch Klausurteilnehmer nach Themen

Figure 9: Usage of the learning modules by participants of a written exam by topics

Illustration 9: Utilisation des modules d'étude par les participants d'examen par matières

Differenziert man bei gleichem Untersuchungsfokus nach Uhrzeiten, so ergibt sich eine Aussage, zu welcher Tageszeit die Studierenden sich am meisten mit dem webbasierten System be-

schäftigt haben (Bild 8). Die Anzahl der Besuche war zwischen 10 und 20 Uhr am größten, aber auch nachts war noch eine intensive Auseinandersetzung mit dem System zu verzeichnen.

Welche Lerninhalte von den Studierenden aus den 20 oben genannten Kategorien ausgewählt wurden, gibt Bild 9 wieder.

Von 20 Lernmodulen wurden 18 genutzt und sehr klausurzielorientiert betrug die Nutzungsdauer der Selbstbewertung „AW I Test“ 85% der Gesamtnutzungszeit. Zu welchem Grad die sequentielle Fragenliste bei der Selbstbewertung dabei ernsthaft bearbeitet wurde, ließ sich leider nicht eindeutig quantifizieren, da insbesondere bei Multiple-Choice-Aufgaben zu beobachten war, dass teilweise bei sehr kurzer Zeit pro Page View eine Auswahl getroffen wurde, um zur nächsten Aufgabe zu gelangen. Insgesamt war die Abbruchrate relativ gering, möglicherweise auch deshalb, weil keine Auswertung ohne vollständiges Durchlaufen möglich war.

Die thematische Lerneinheit „Augmented Reality“ kam mit 5h noch auf einen Anteil von 10%, während sich die restlichen Lernmodule die verbleibenden 5% teilten. Betrachtet man also die Interessenslage der Studierenden anhand der Verteilung der Nutzungszeit, so lässt sich der klare Fokus auf den Klausurselftest erkennen. Darüber hinaus schien Augmented Reality im Vergleich zu allen anderen thematischen Lernmodulen ein deutlicher Interessenschwerpunkt zu sein.

4.7 Prüfen von Zusammenhängen mit externen Daten

Im letzten Schritt werden nun zusätzlich zur Systemnutzung externe Daten herangezogen, um mögliche Zusammenhänge zu identifizieren.

Hierzu wurde das Klausurergebnis verwendet, das in Bild 10 als Histogramm dargestellt ist.

Ein Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt, dass die Normalverteilungshypothese nicht zurückgewiesen werden sollte ($p=0,50$). Im Mittel wurden von den 173 Klausurteilnehmern 23,7 von 60 Punkten erreicht.

Von diesen Teilnehmern haben 76 das webbasierte System genutzt, was einem Anteil von 44% an den potentiellen Benutzern entspricht. Man kann nun anhand dieses Kriteriums die Verteilung

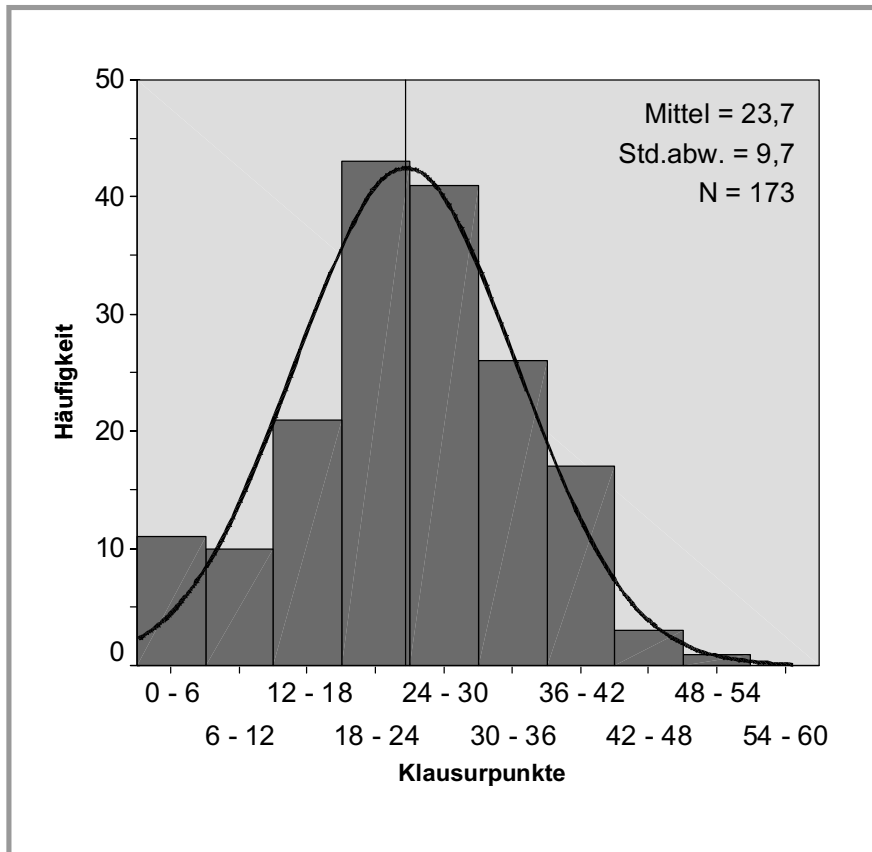


Bild 10: Klausurergebnis als externe Daten
Figure 10: Results of the exam as external data
Illustration 10: Résultats d'examen en tant que données externes

in zwei Gruppen aufsplitten (Bild 11). Beide Untergruppen (links die Nutzer, rechts die Nicht-Nutzer) zeigen wieder Normalverteilungseigenschaften (Kolmogorov-Smirnov-Test, $p=0,59$ bzw. $p=0,45$).

Bezogen auf die Mittelwerte der beiden Verteilungen zeigt sich anhand des T-Tests ein hochsignifikanter Unterschied, da die Mittelwertgleichungshypothese der Grundgesamtheit mit Irrtumswahrscheinlichkeit $p=0,004$ zurückgewiesen werden kann. Die Nutzer des Systems erreichten im Mittel 26,1 Punkte in der Klausur, die Nicht-Nutzer nur 21,8. Im Mittel wurden also von den Nutzern 20% mehr Klausurpunkte erreicht (95%-Konfidenzintervall für die Mittelwertdifferenz: [7% ; 33%]).

In einer weiteren Studie, die ebenfalls mit dem INTEGRAL-II-System durchgeführt wurde (Corth & Kirchner 2005), wurden vergleichbare Ergebnisse festgestellt. Hier ergab sich bei einer Klausur mit 105 Teilnehmern ein hochsignifikanter Unterschied ($p<0,01$) zwischen den in etwa gleich großen Gruppen der Nutzern und der Nicht-Nutzer des Lernmoduls „Zeitermittlungsverfahren“, wobei allerdings die Nutzung durch Befragung und nicht per Logfile-Analyse erhoben wurde. Die Nutzer des Lernmoduls erreichten insgesamt durchschnittlich 15% mehr Punkte als die Nicht-Nutzer. Bei den nicht im INTEGRAL-II-Lernmodul aufgegriffenen Themenbereichen der Klausur waren hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen zu verzeichnen. Dies stützt die Hypothese, dass sich die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Gruppen nicht nur auf eine insgesamt bessere Vorbereitung oder höhere Motivation der E-Learning-Nutzergruppe zurückführen lassen, sondern auch ursächlich mit der INTEGRAL-II-Nutzung zusammenhängen.

Zu einem anderen Ergebnis kommt hingegen eine Studie, die den Einsatz eines E-Learning-Moduls an der FH Berlin und der TU Berlin untersuchte (Schulte 2003). Die hierbei eingesetzte Software „E-Kreide“ gab das Tafelbild und den Vortrag des Lehrenden zeitgleich zur Präsenzveranstaltung auch im Internet wieder und konnte dort auch asynchron und wiederholt abge-

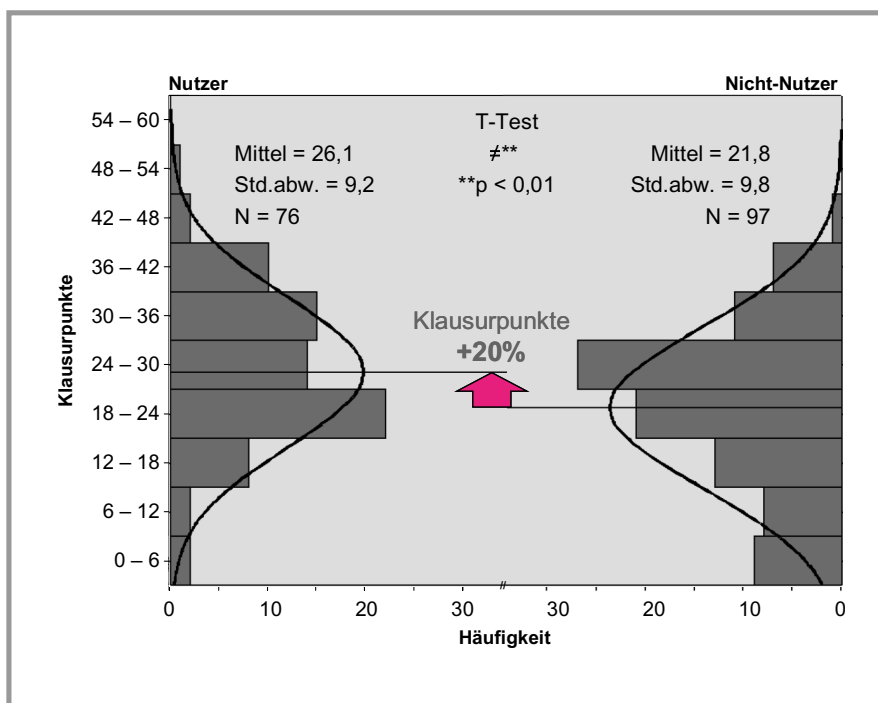


Bild 11: Ergebnis der Klausur nach Nutzung des Systems
Figure 11: Result of the exam by usage of the system
Illustration 11: Résultat d'examen par rapport à l'utilisation du système sur le web





rufen werden. In dieser Studie ergab sich im Klausurergebnis kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Nutzung des Systems und der Klausurleistung, was jedoch auch durch die unveränderte Form der Inhaltsaufbereitung begründet sein kann. Bei der INTEGRAL-II-Plattform sind die Inhalte der Lernmodule speziell auf das E-Learning-Medium zugeschnitten, während die Lerninhalte beim E-Kreide-Projekt zum Großteil aus der nicht modifizierten Wiedergabe der aufgezeichneten Präsenzveranstaltung bestanden. Dies führte außerdem bei einem Teil der Nutzer zu technischen Schwierigkeiten beim Zugriff auf das bereitgestellte Lernmaterial.

In der in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchung bezüglich des INTEGRAL-II-Lernmoduls „AWITest“ lässt sich außerdem bestätigen, dass auch der Grad des Klausurerfolgs mit der dichotomen Variable „Nutzung“ zusammenhängt. Unter den besten fünf Klausurteilnehmern waren vier INTEGRAL-II-Benutzer und unter den schlechtesten fünf Klausurteilnehmern haben vier INTEGRAL II nicht genutzt.

Bezüglich eines Zusammenhangs zwischen der Nutzungszeit des Systems und der Anzahl der erzielten Klausurpunkte lässt sich eine hochsignifikante ($p < 0,01$) positive Korrelation mit $R = 0,244$ feststellen. Tendenziell war also mit der längeren Nutzungszeit ein besseres Klausurergebnis verbunden. Dieser Zusammenhang ist vermutlich Ausdruck unterschiedlicher Lernstrategien.

Die Gesamtzeit pro Besucher lag im Schnitt bei 41 Minuten, wobei eine Gruppe von fünf Personen auffällt, die das System länger als 1,5 h genutzt haben. Drei von ihnen nutzten es sogar über 2 h lang und damit deutlich über der auf 60 Minuten angelegten Klausur-Simulation im AWITest. Diese langen Nutzungszeiten korrelierten jedoch nicht mit einem besseren Klausurergebnis, sondern sind offensichtlich Ausdruck eines nicht sehr ausgeprägten Leistungsvermögens, da die Benutzer entweder viele Anläufe benötigten oder zu langsam waren.

Dies spiegelt auch die quadratische Regression aller Klausurteilnehmer wieder, deren Kurvenmaximum bei ei-

ner Nutzungszeit von 73 Minuten liegt (vgl. 60 Minuten + Zeit für Orientierung im System und Auswertung). Eine längere Nutzungszeit hatte demnach also einen Zusammenhang mit schlechteren Klausurergebnissen. Dieser Zusammenhang mit $R = 0,313$ ist höchst signifikant ($p < 0,001$).

Durchschnittlich wurden 25 Sekunden je Page View verzeichnet. Bei sieben Personen lag diese Zeit jedoch bei mehr als 40 Sekunden, davon bei drei Personen sogar bei mehr als einer Minute. Dies korrelierte wie die lange Nutzungszeit ebenfalls mit schlechteren Klausurergebnissen. Es konnte eine hochsignifikante ($p < 0,01$) negative Korrelation von $R = -0,305$ zwischen der Seitenbetrachtungsdauer und den Klausurpunkten der Nutzer festgestellt werden. Tendenziell bedeutet dies, dass je länger die Betrachtungszeit pro Page View ist, desto weniger Punkte wurden in der Klausur erreicht.

Zusammenfassend sind also mehrere signifikante Zusammenhänge zwischen der Nutzung des Systems und den externen Daten zu verzeichnen. Im Vergleich zu den Ergebnissen der benutzerbasierten Evaluationen anderer E-Learning-Systeme wird der Einfluss einer Vielzahl von Faktoren deutlich. Mehrere Studien, die im Unterschied zu dem hier betrachteten ergänzenden System reine Online-Kurse mit Präsenzveranstaltungen vergleichen, kommen zu dem Schluss, das E-Learning den gleichen oder einen höheren Erfolg in einer Abschlussprüfung verspricht als die Präsenzlehre. Bei Ruchti & Odell (2002) ist kein signifikanter Unterschied im Ergebnis der Abschlussklausur festzustellen; hier wurde insbesondere sichergestellt, dass zwischen der E-Learning-Gruppe und den Präsenzlernenden keine signifikanten Unterschiede z. B. bezüglich der Computer- und anderer Vorkenntnisse bestehen. Dieser Aspekt lässt sich bei einer allein Logfile-gestützten Evaluation nicht berücksichtigen, allerdings kann für die hier betrachteten Versuchsteilnehmer eine relative Homogenität unterstellt werden (technischer Studiengang, ähnliche Anzahl absolvierter Prüfungen und Studiensemester, vergleichbare Grundqualifikation etc.). Bei den Untersuchungen von Navarro & Shoemaker (1999) und Zhang et al. (2004) hat die E-Learning-

Gruppe signifikant besser abgeschnitten, was hier unter anderem der Wiederholbarkeit der Lerninhalte und dem Vorhandensein von Diskussionsforen zugeschrieben wird. Diese unterschiedlichen Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei der Evaluation von Lernplattformen eine Vielzahl von Aspekten beachtet werden muss. So spielen die Art der Inhaltsaufbereitung und -darstellung, die verwendete Technik, aber auch das Nutzungsverhalten des einzelnen Benutzers eine große Rolle (vgl. Zhang et al. 2004). Insbesondere im Vergleich zum konventionellen Lernen sind die Dauer der Auseinandersetzung mit den jeweiligen Lernmodulen und die Kommunikationsmöglichkeiten der Lernenden untereinander sowie mit dem Lehrenden von großer Bedeutung (Glenn et al. 2003) und haben einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis, so dass sie in die Evaluation miteinbezogen werden müssen. Die Logfile-Analyse stellt bei der Aufnahme dieser Evaluationsdaten ein leistungsstarkes Instrument dar, das zusammen mit subjektiven Einschätzungen z. B. aus Fragebögen eine umfassende Evaluation sicherstellen kann.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zum Schluss der Betrachtungen sollen die hier vorgestellten exemplarischen Ergebnisse zusammenfassend den eingangs erwähnten Evaluationsfragestellungen zugeordnet werden:

Woher und wie gelangen die Benutzer zum betrachteten System? Unmittelbar aus dem Logfile ist über die Referrer-Angabe feststellbar, ob eine direkte Adresseingabe oder ein elektronisches Lesezeichen, ein externer Hyperlink oder eine Suchmaschine einschließlich der verwendeten Begriffe auf das webbasierte System geführt hat. Nach dem Nachschlagen des Rechnernamens über den DNS ergeben sich Anhaltspunkte für die geographische oder institutionelle Herkunft der Benutzer und damit auch Informationen über das Erreichen der Zielgruppe.

Wie wird das Angebot genutzt? Nach der Vorfilterung und dem Sessionizing lässt sich die Systemnutzung anhand

von Häufigkeiten (Anzahl Visits) und Intensitäten (Zeit pro Visit, Zeit pro Page View) beurteilen. Die semantische Kodierung der Interaktionen schafft die Grundlage für Aussagen zum Navigationsverhalten und der Frequentierung verschiedener Inhalte und Funktionsbereiche hinsichtlich Spektrum und Zeitanteil. Nach der Zielfilterung lassen sich einzelne Benutzergruppen, die durch sie selektierten Kategorien und die damit verbundenen Bearbeitungszeiten, oder der Anteil der Nutzer an der Zahl der potentiellen Nutzer näher betrachten. Insgesamt lassen sich diese Nutzungsdaten verwenden, um Rückschlüsse auf die Akzeptanz des Systems zu ziehen, Gestaltungspotentiale genauer zu lokalisieren und zu begründen, relative Vergleiche zwischen Benutzergruppen zu ermöglichen und die Kennzahlen mit anderen Systemen zu vergleichen.

Wann und wie verlassen die Benutzer das System? Der Anteil einmaliger und wiederkehrender Besucher lässt sich feststellen. Anhand der Ausstiegsseite lässt sich möglicherweise der Abbruch oder die erfolgreiche Nutzung beurteilen. Wenn man externe Daten hinzuzieht, lassen sich weitere Zusammenhänge mit dem Ausstiegszustand der Benutzer feststellen, wie die signifikanten Zusammenhänge zwischen Systemnutzung und Klausurerfolg exemplarisch deutlich machten.

Beim Datenaufnahmeverfahren handelt sich um ein nicht-reaktives Beobachtungsinstrument für Interaktionen von Benutzern mit Prototypen und Software-Produkten. Insbesondere serverseitige Logfiles zeichnen sich durch den geringen Erhebungsaufwand für objektive quantitative Daten aus, die mit anderen Verfahren nicht erhoben werden können. Die flexible semantische Kodierung des implizit erfassten Benutzerverhaltens lässt vielfältige Untersuchungen zu und bestimmt im Wesentlichen auch den Auswertungsaufwand. Anhand der realen Nutzung webbasierter Systeme lassen sich Gestaltungsalternativen im Feld und Labor vergleichen und deren Erfolg in der Praxis bewerten.

Sicherlich konnte hier nur ein Einblick in die umfangreichen Möglichkeiten gegeben werden, weitere Einsatzzusammenhänge können in einem Aus-

blick angedeutet werden. Indem man in einer Rückkopplung die statistischen Nutzungsdaten aufgreift, könnten sie zur präferenzbasierten Personalisierung des Angebotes verwendet werden, um z. B. eine adaptive Benutzungsschnittstelle des webbasierten Systems zu realisieren. Aber auch die Kombination mit anderen Evaluationsmethoden und deren Ergebnissen erscheint nützlich und auch die Nutzung in völlig anderen Kontexten ist denkbar, z. B. die automatische Detektion einer Epidemieausbreitung (Heino & Toivonen 2003) anhand von Zeitreihenanalysen des ortsabhängigen Zugriffs auf medizinische Referenzdatenbanken für die Krankheitsdiagnose.

Literatur

Baggen, R.; Hemmerling, S.: Evaluation von Benutzbarkeit in Mensch-Maschine-Systemen. In: Timpe, K.-P.; Jürgensohn, T.; Kolrep, H.: Mensch-Maschine-Systemtechnik - Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation. Düsseldorf: Symposion publishing, S. 233-284, 2000

Baravalle, A.; Lanfranchi, V.: Remote Web Usability Testing. In: Behavior Research Methods, Instruments & Computers 35, Nr. 3, S. 364-368, 2003

Card, S. K.; Moran, T. P.; Newell, A.: The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale (NJ): Erlbaum, 1983

Corth, C.; Kirchner, J. H.: Zeitermittlung für Arbeitsabläufe. In: Luczak, H.; Schmidt, L. (Hrsg.): E-Learning Kooperation in der Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia Verlag, S. 107-113, 2005

DIN EN ISO 9241-10: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Teil 10: Grundsätze der Dialoggestaltung, 1996

Fuller, R.; de Graaf, J. J.: Measuring User Motivation from Server Log Files. <http://www.microsoft.com/usability/webconf/fuller/fuller.htm> (21.02.2005)

Glenn, L. M.; Jones, C.; Hoyt, J.: The Effect of Interaction Levels on Student Performance: A Comparative Analysis of Web-Mediated Vs. Traditional Delivery. In: Journal of Interactive Learning Research 14, Nr. 3, S. 285-299, 2003

Hallam-Baker, P. M.; Behlendorf, B.: Extended Log File Format : W3C Working Draft WD-logfile-960323. <http://www.w3.org/TR/WD-logfile.html> (21.02.2005)

Heino, J.; Toivonen, H.: Automated detection of epidemics from the usage logs of a physicians' reference database. In: Proceedings of the 7th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases. Berlin: Springer, S. 180-191, 2003

Hilbert, D. M.; Redmiles, D. F.: Extracting Usability Information from User Interface Events. In: ACM Computing Surveys 32, Nr. 4, S. 384-421, 2000

Hong, J. I.; Heer, J.; Waterson, S.; Landay, J. A.: WebQuilt: A Proxy-based Approach to Remote Web Usability Testing. In: ACM Transactions on Information Systems 19, Nr. 3, S. 263-285, 2001

Ivory, M. Y.; Hearst, M. A.: The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces. In: ACM Computing Surveys 33, No. 4, S. 470-516, 2001

Kieras, D. E.; Polson, P. G.: An Approach to the Formal Analysis of User Complexity. In: International Journal of Man-Machine Studies 22, S. 365-394, 1985

Kleimann, B.; Weber, S.; Willige, J.: E-Learning aus Sicht der Studierenden. HISBUS-Kurzbericht Nr. 10 Hannover, http://www.his.de/Abt2/Hisbus/HISBUS_E-Learning10.02.2005.pdf (07.07.2005), 2005

Luczak, H.; Schmidt, L. (Hrsg.): E-Learning-Kooperation in der Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia Verlag, 2005

Maguire, M.; Sweeney, M.: System Monitoring: Basis For Comprehensive Evaluation System? In: Sutcliffe, A.; Macaulay, L. (Eds.): People and Computers V, Cambridge: Cambridge University Press, 1989

Navarro, P.; Shoemaker, J.: Economics in Cyberspace: A Comparison Study. Discussion Paper, University of California, unpublished, <http://www.powereconomics.com/AJDEFINAL.pdf> (16.12.2004), 1999

Nielsen, J.: Finding Usability Problems Through Heuristic Evaluation. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Monterey (CA) 1992). New York: ACM Press, S. 373-380, 1992

Zaganelli, L.; Paternò, F.: Tools for Remote Usability Evaluation of Web Applications through Browser Logs and Task Models. In: Behavior Research Methods, Instruments & Computers 35, Nr. 3, S. 369-378, 2003

Polson, P. G.; Lewis, C.; Riemann, J.; Wharton, C.: Cognitive Walkthroughs: A Method for Theory-Based Evaluation of User Interfaces. In: International Journal of Man-Machine Studies 36, S. 741-773, 1992

Rucht, W. P.; Odell, M. R. L.: Comparison and Evaluation of Online and Classroom Instruction in Elementary Science Teaching Methods Courses. Paper presented at the 1st Northwest NOVA Cyber-Conference, Newberg. <http://nova.georgefox.edu/nwcc/arpapers/uidaho.pdf> (21.02.2005), 2002

Schmidt, L.; Rötting, M.: Vernetzung arbeitswissenschaftlicher Hochschullehre - Das E-Learning-Kooperationsprojekt Integral II. In: Strasser, H.; Kluth, K.; Rausch, H.; Bubb, H. (Hrsg.): Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft. Stuttgart: Ergonomia, S. 1085-1088, 2003

Schmidt, L.: Webbasiertes Hochschul-E-Learning - Deutschlandweite Kooperation in der Arbeitswissenschaft. In: Beck, U.; Sommer, W. (Hrsg.): Tagungsband der Learntec 2003 - 11: Europäischer Kongress und Fachmesse für Bildungs- und Informationstechnologie (Karlsruhe, 2003). Karlsruhe: Holler, S. 201-206, 2003

Schulte, J.: Evaluation des Einsatzes der Software „E-Kreide“ in der universitären Lehre. Magisterarbeit, TU Berlin, Fakultät I -Geisteswissenschaften- Institut für Sprache und Kommunikation, <http://kazan.inf.fu-berlin.de/echalk/docs/jschulte2003.pdf>. (25.02.2005), 2003

Shuyler, K.; Maddox, E.: Evaluating Your SimpleSite with Log File Analysis - How do your students use your site? Is your site effective? Technical Report PETTT-02-CT-01. Program for Educational Transformation through Technology, University of Washington, Seattle (WA), 2002

Sweeney, M.; Maguire, M.; Shackel, B.: Evaluating User-Computer Interaction: A Framework. In: International Journal of Man-Machine Studies 38, Nr. 4, S. 689-711, 2003

Zhang, D.; Zhao, J. L.; Zhou, L.; Nunamaker, J. F. Jr.: Can E-Learning Replace Classroom Learning? In: Communications of the ACM 47, Nr. 5, S. 75-79, 2004

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Ludger Schmidt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.

Holger Luczak
Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft
der RWTH Aachen
Bergdriesch 27
D-52062 Aachen



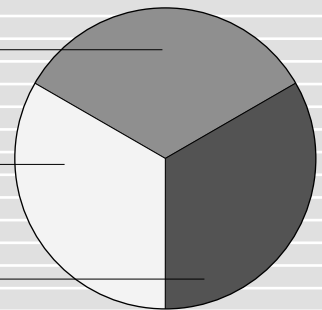
Good Work Good Business

Ergonomie kommt an!

Produktivität

Gesundheit

Wohlbefinden



Initiative für
Office-Ergonomie

