

Zum Erkenntnispotenzial der kognitiven Neurowissenschaften für die Wirtschaftsinformatik: Überlegungen anhand exemplarischer Anwendungen

René Riedl*

Zusammenfassung

Im Beitrag wird untersucht, ob und wie die kognitiven Neurowissenschaften die Forschung in der Wirtschaftsinformatik befördern können. Aufbauend auf einem theoretischen Bezugsrahmen, der vier Analyseebenen in der Informationssystem-Forschung beschreibt (Individuum, Gruppe, Organisation, Gesellschaft), werden einschlägige Forschungsergebnisse rezipiert und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Wirtschaftsinformatik erörtert. Es wird argumentiert, dass die Anwendung neurowissenschaftlicher Verfahren sowie die Berücksichtigung von Erkenntnissen aus den kognitiven Neurowissenschaften das Forschungsprogramm der Wirtschaftsinformatik bereichern. Der Beitrag schließt durch ein Fazit und einen Ausblick.

Artikel

Die Wirtschaftsinformatik (kurz: WI) ist nach herrschender Meinung eine eigenständige wissenschaftliche Disziplin (Mertens et al. 2005; Heinrich et al. 2007). Begründet wird dies mit dem eigenen Gegenstandsbereich des Faches, das sog. Informationssystem, das aus den Komponenten Mensch, Aufgabe und Technik besteht. Obwohl die WI erst seit drei Jahrzehnten existiert, kann sie schon auf eine recht erfolgreiche Vergangenheit zurückblicken. Dieser Erfolg bezieht sich in erster Linie auf die Verwertung ihrer Erkenntnisse in der betrieblichen Praxis sowie auf ihre gefestigte Stellung innerhalb vieler Universitäten. Die methodische Stringenz, mit der die WI neue Erkenntnisse gewinnt und bestehende Erkenntnisse überprüft, wurde hingegen in der Vergangenheit von Fachvertretern gelegentlich kritisiert (z. B. Heinrich 2005). Nichtsdestoweniger ist festzustellen, dass sich in der Disziplin ein zunehmendes Bewusstsein für die Verwendung und Explikation akzeptierter, zumeist quantitativer Forschungsmethoden entwickelt (Wilde und Hess 2007). Es scheint, dass in der WI ein theoretisches Erkenntnisziel (Warum ist ein bestimmter Sachverhalt genau so?) im Vergleich zum pragmatischen Erkenntnisziel (Wie ist in einem bestimmten Sachverhalt zu verfahren?) zunehmend an Bedeutung gewinnt. In Anlehnung an Eugen Schmalenbach könnte man formulieren, dass sich die WI von der Kunstlehre zur Wissenschaft entwickelt.

Eine kürzlich durchgeführte Erhebung hat ergeben, dass es im deutschsprachigen Raum an 70 Universitäten WI-Lehrstühle gibt, an denen knapp 1.000 Forscher (Professoren und Assistenten) beschäftigt sind (Frank et al. 2008) – eine durchaus beträchtliche Forschungskapazität, wenn man bedenkt, dass die WI eine junge Disziplin ist. Nach meinem Kenntnisstand hat sich bisher noch keiner der Wissenschaftler im deutschen Sprachraum mit dem Erkenntnispotenzial der kognitiven Neurowissenschaften für die WI auseinandergesetzt und auch dazu publiziert. Zudem ist mir keine empirische Arbeit bekannt, die durch Anwendung eines neurowissenschaftlichen Verfahrens neue Erkenntnisse gewonnen bzw. bestehende Erkenntnisse geprüft hat.

Wirtschafts- und Rechtswissenschaftler verwenden – im Vergleich zu Forschern aus der WI – schon seit vielen Jahren neurowissenschaftliche Methoden, um auf Basis von Erkenntnissen über Zustände und Prozesse im menschlichen Gehirn wirtschafts- und rechtswissenschaftliche Phänomene (besser) erklären zu können (Camerer et al. 2004; Chorvat et al. 2005; Kenning und Plassmann 2005; Schilke und Reimann 2007). Einige von diesen Forschern, insbesondere Neuroökonomien, haben in den letzten Jahren in den weltweit renommiertesten Publikationsmedien ihre Arbeiten veröffentlicht (z. B. Sanfey et al. 2003; King-Casas et al. 2005; Knoch et al. 2006) – dies

* Dr. René Riedl, Johannes Kepler Universität Linz, Telefon: +43 (0)732-2468-9454, E-Mail: rene.riedl@jku.at.

ist ein Indiz für das hohe Erkenntnispotenzial, das die kognitiven Neurowissenschaften für die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften haben.

Aus Sicht der WI, einer sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Disziplin mit starker ingenieurwissenschaftlicher Durchdringung (Heinrich 1995), stellt sich somit die Frage, welches Erkenntnispotenzial die kognitiven Neurowissenschaften für das Fach haben. Eine Betrachtung des Gegenstandsbereichs der WI legt nahe, dass der Einsatz neurowissenschaftlicher Verfahren hohes Erkenntnispotenzial in sich birgt, und zwar deshalb, weil ein direkter Einfluss auf die Erforschung einer der Komponenten des Gegenstandsbereichs, nämlich des Menschen, besteht. Menschliches Verhalten (z. B. von Managern, Softwareentwicklern oder Computerbenutzern), insbesondere bewusst induziertes menschliches Handeln wie das Treffen von Entscheidungen, basiert auf biochemischen Prozessen im Gehirn (Glimcher und Rustichini 2004). Wenn somit neurowissenschaftliche Verfahren neue Möglichkeiten zur Erforschung des Menschen bieten, dann beeinflusst dies auch die Untersuchung des Erkenntnisobjekts der WI, das Mensch/Aufgabe/Technik-System.

Aufgrund der in jüngerer Vergangenheit durch den Einsatz neurowissenschaftlicher Verfahren erzielten Erkenntnisfortschritte in sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen sowie der Tatsache, dass bislang das Potenzial kognitiver Neurowissenschaften für die WI noch nicht dargelegt wurde, ist es Ziel dieses Beitrags, mögliche Erkenntnispotenziale der kognitiven Neurowissenschaften für die WI vorzustellen. Dazu werden exemplarische Anwendungen erläutert, die einem theoretischen Bezugsrahmen entnommen sind. Dieser theoretische Bezugsrahmen beschreibt verschiedene Analyseebenen der WI-Forschung, die durch Sichtung der Fachliteratur identifiziert wurden.

Die weitere Abhandlung ist wie folgt aufgebaut: Im folgenden Abschnitt wird ein theoretischer Bezugsrahmen vorgestellt, der vier Analyseebenen in der WI-Forschung beschreibt (Individuum, Gruppe, Organisation, Gesellschaft). Im Hauptteil werden WI-relevante Forschungsthemen beschrieben, die dem theoretischen Bezugsrahmen entnommen sind. Auf Basis dieser Beispiele soll das Erkenntnispotenzial neurowissenschaftlicher Verfahren in der WI transparent gemacht werden. Danach wird der Beitrag durch ein Fazit und einen Ausblick abgeschlossen.

Theoretischer Bezugsrahmen

Die WI ist eine Wissenschaft, die sich durch einen hohen Grad an Interdisziplinarität auszeichnet (Heinrich et al. 2007). Die Betriebswirtschaftslehre, Informatik, Psychologie, Soziologie und Volkswirtschaft sind Beispiele für Disziplinen, deren Erkenntnisse Einfluss auf die WI-Forschung haben. Eine Konsequenz dieser Interdisziplinarität ist, dass in der WI verschiedene Analyseebenen existieren. Im Folgenden werden vier Arbeiten erläutert, die Aussagen zu den Analyseebenen in der Informationssystem-Forschung machen. Danach wird der daraus abgeleitete theoretische Bezugsrahmen der vorliegenden Arbeit vorgestellt (Tabelle 1).

Im Jahr 1994 führten König et al. (1995) eine Delphi-Studie durch, an der 30 renommierte Vertreter der WI teilnahmen. Die Ausgangsfragestellung der Studie lautete: Welche Forschungsgegenstände muss die WI in den nächsten zehn Jahren untersuchen, wenn sie ihre Wettbewerbsposition gegenüber der Betriebswirtschaft und der Informatik halten oder ausbauen will? Ein zentrales Ergebnis der Studie ist, dass die WI insbesondere eine Wissenschaft mit starkem Bezug zur Organisationslehre sein sollte. Innerhalb des Clusters „WI als Wissenschaft mit starkem Bezug zur Organisationslehre“ wurde die Wichtigkeit verschiedener Analyseebenen erhoben. Als die drei wichtigsten Analyseebenen wurden genannt (1 = am wichtigsten usw.): 1. Gruppen- und Organisationsebene, 2. Individualebene, 3. Gesellschaftsebene.¹

In der englischsprachigen Schwesterdisziplin der WI, der sog. Information Systems (IS), existieren drei weitere Arbeiten, die Aussagen zu Analyseebenen in der Informationssystem-Forschung machen. In einer konzeptionellen Arbeit entwickelten Bariff und Ginzberg (1982) ein Klassifika-

¹ Die genauen Bezeichnungen der Analyseebenen sind bei König et al. (1995) genannt.

tionsschema, das vier Analyseebenen in Bezug auf verhaltenswissenschaftliche IT-Forschung definiert: Individuum, Gruppe, Organisation und Gesellschaft. In einer empirischen Studie haben Lai und Mahapatra (1997) Artikel zum Thema „IT-Implementierung“ untersucht. Zentraler Befund der Studie ist, dass die meisten Forschungsarbeiten auf die Organisationsebene fokussiert sind (60,5 %), gefolgt von der Individualebene (22,5 %) sowie der Gruppenebene (8,5 %). Schließlich geben Vessey et al. (2002) nach Durchführung einer Literaturanalyse die drei wichtigsten Rangplätze von Analyseebenen wie folgt an: 1. Organisation (25,6 %), 2. Individuum (23,8 %), 3. Gruppe (10,9 %).²

Tabelle 1 fasst die vier vorgestellten Arbeiten zu den Analyseebenen in der Informationssystem-Forschung zusammen.³ Die in den Zellen genannten Beispiele stammen von den jeweiligen Autoren selbst bzw. aus deren Literaturverweisen.

Tabelle 1: Analyseebenen in der Informationssystem-Forschung

Analyseebene	König et al. (1995)	Bariff und Ginzberg (1982)	Lai und Mahapatra (1997)	Vessey et al. (2002)
Individuum	Mensch-Maschine-Interaktion	Zufriedenheit von Computerbenutzern	Entscheidungsunterstützungssysteme (DSS)	Akzeptanz von Systemen durch Computerbenutzer
Gruppe	Computerunterstützte Gruppenarbeit (CSCW)	Produktivität von Softwareentwicklungsteams	Rechnergestützte Softwareentwicklung (CASE)	Entscheidungsunterstützungssysteme für Gruppen (GDSS)
Organisation	Wechselwirkungen von IT und Unternehmensorganisation	Kriterien für die Auswahl und Evaluierung von Systemen	Reorganisation von Geschäftsprozessen (BPR)	Lohn- und Personalverrechnungssysteme
Gesellschaft	Elektronische Märkte	Einfluss von IT auf den Wohlstand einer Gesellschaft	kein Beispiel angegeben	Einfluss von IT auf Arbeitsplätze in einer Gesellschaft

Im Folgenden Kapitel wird anhand beispielhafter Anwendungen gezeigt, welches Erkenntnispotenzial neurowissenschaftliche Verfahren für die WI haben können. Ein Großteil der heute bekannten Anwendungen der kognitiven Neurowissenschaften bezieht sich auf die Individual- und Gruppenebene, so dass der Schwerpunkt der Ausführungen auch im vorliegenden Beitrag auf diesen Ebenen liegt (alle in Tabelle 1 angegebenen Beispiele dieser beiden Ebenen werden diskutiert). Auf den Analyseebenen „Organisation“ und „Gesellschaft“ wird jeweils eine beispielhafte Anwendung der kognitiven Neurowissenschaften erläutert. Nichtsdestoweniger ist zu betonen, dass die Anwendung neurowissenschaftlicher Erkenntnisse prinzipiell auf allen für die WI relevanten Analyseebenen möglich ist. Dimoka et al. (2007, S. 13) bestätigen diese Sichtweise: „While obviously brain activations need to come from individual subjects, research can extend to multiple units of analysis.“

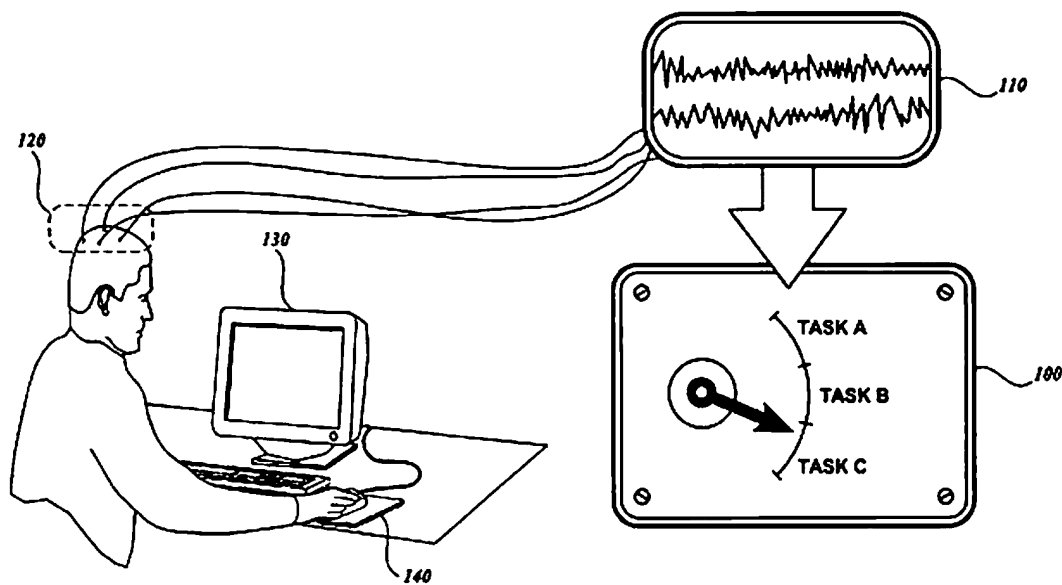
² Anzumerken ist, dass in der Studie von Vessey et al. (2002) auf Rang 3 die Analyseebene „Artefakt“ genannt wurde. Da hierunter nach Vessey et al. (2002) jedoch ausschließlich konstruktionsorientierte Arbeiten ohne jeden Empiriebezug subsumiert werden (z. B. Programme und Algorithmen), und somit der eigentliche Gegenstandsbereich der WI, nämlich das Mensch/Aufgabe/Technik-System im Sinne eines sozio-technischen Systems, nicht untersucht wurde, wurde die Analyseebene „Gruppe“ von Rang 4 auf Rang 3 gereiht.

³ Es sei darauf hingewiesen, dass die vorgenommene Einteilung in Analyseebenen eine von mehreren möglichen Varianten ist. Eine andere Variante der Einteilung wäre beispielsweise: Individuum, Betrieb, Volkswirtschaft, Gesellschaft.

Analyseebene Individuum

Im Jahr 2007 wurde eine Patentanmeldung der Firma Microsoft bekannt. Das Patent trägt den Namen „Using electroencephalograph signals for task classification and activity recognition“ (Tan und Lee 2006). In etwa ein Jahr bevor die Inhalte des Patents in der Öffentlichkeit bekannt wurden, haben Lee und Tan (2006) ihre Idee – mittels Elektroenzephalografie (EEG) zu messen, welche kognitive Aufgabe von einem Benutzer am Computer zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgeführt wird – bei einem wissenschaftlichen Symposium in der Schweiz im Wissenschaftskreis vorgestellt (Abbildung 1).

Abbildung 1: Zuordnung von EEG-Mustern zu kognitiven Aufgaben; Quelle: in Anlehnung an Tan und Lee (2006)



Die Arbeit von Lee und Tan (2006) basiert auf einer 30 Jahre alten Untersuchung von Gevins et al. (1979a; 1979b), die – damals noch erfolglos – versucht haben, EEG-Muster verschiedenen kognitiven Aufgaben zuzuordnen. Die Studie baut zudem auf einem empirischen Befund von Fitzgibbon et al. (2004) auf, die nachgewiesen haben, dass zwischen acht definierten kognitiven Aufgaben (z. B. Lesen, Rechnen, Musik hören oder einen Film ansehen) statistische Unterschiede bei mittels EEG ermittelten Spannungsschwankungen bestehen. Wenn Forscher in der Lage sind, bestimmten kognitiven Aufgaben statistisch unterscheidbare EEG-Muster zuzuordnen, dann ist dies eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Mensch-Maschine-Interaktionssystemen, präziser formuliert, Gehirn-Computer-Interaktionssystemen (Brain-Computer Interaction, BCI).

Man hört und liest in jüngster Zeit immer wieder von der Vision, dass BCI-Systeme in Zukunft auf Basis von EEG-Mustern konkrete Gedanken eines Computerbenutzers erfassen können, um darauf aufbauend automatisiert Aktivitäten auszuführen (z. B. Adaption der Benutzeroberfläche). Eine im Microsoft-Patent beschriebene Vision lautet beispielsweise (Tan und Lee 2006, S. 14):

„[T]he method may be used to determine the cognitive workload levels, or workload types, e.g. verbal vs. spatial, of a plurality of user interfaces to compare the user interfaces' cognitive utility. It may also be possible to use the method to evaluate user interface cognitive utility and redesign user interfaces in real time to dynamically adapt user interfaces to users' states. Examples of such real time user interface adaptation include, but are not limited to, determining optimal information presentation, managing interruptions, adjusting the level of detail in displays, adapting user interface controls and layouts, adapting multimodal data presentation schemes, etc. For example, if a user is cognitively overloaded, i.e., has no more cognitive resources to deal with new information, the method may enable a system to recognize pending interruptions so that the system can buffer the interruptions until a user is less cognitively loaded. Alternatively, the method may enable a system to recognize that a user is

verbally overloaded and present information in a spatial manner to use a user's spatial cognitive resources. The method may also be used to present an enhanced, detailed awareness of pluralities of users enabling systems to dynamically distribute tasks among groups of users working on a common task."

Betriebswirtschaftliche Anwendungen von BCI-Systemen werden erst seit kurzer Zeit erforscht. Langfristziel dieser Bemühungen ist es, (i) Prozessschritte bei administrativen Arbeitsabläufen zu automatisieren (z. B. Systeme erkennen die Gedanken des Benutzers und beginnen ohne Betätigung eines Eingabegeräts wie Tastatur oder Maus mit der Informationsverarbeitung) und (ii) die Benutzerfreundlichkeit von Systemen zu erhöhen (z. B. automatische Adaption von Menüs auf Basis des kognitiven Zustands des Benutzers). Die Erreichung beider Ziele kann eine Annäherung an das von Peter Mertens (1995, S. 48) vorgeschlagene Langfristziel der WI, die „sinnhafte Vollautomation“, ermöglichen, die ihrerseits zur Produktivitätssteigerung in Organisationen einen wirksamen Beitrag leistet. Eine weitere Anwendung von BCI-Systemen, die für die WI von Relevanz ist, liegt im Bereich Multimedia und Virtual Reality. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen beispielsweise, dass die gedankengesteuerte Navigation in virtuellen Welten möglich ist (Friedman et al. 2007; Scherer et al. 2008).

Die Zufriedenheit von Computerbenutzern (Bailey und Pearson 1983; Ives et al. 1983; Baroudi und Orlikowski 1988; Doll und Torkzadeh 1988) sowie die Akzeptanz von Systemen durch Computerbenutzer (Davis 1989; Davis et al. 1989; Davis 1993, Venkatesh et al. 2003) wurde lange Zeit unabhängig voneinander erforscht. Wixom und Todd (2005) haben nach mehr als zwei Jahrzehnten parallel laufender Forschungsinitiativen ein Modell entwickelt und empirisch getestet, das die Theorien beider Forschungsfelder integriert. Zentrale Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass die System- und Informationsqualität kausal die Zufriedenheit mit dem Computersystem und die Zufriedenheit mit den vom System bereitgestellten Informationen beeinflusst, die ihrerseits wiederum kausal die Akzeptanz eines Systems beeinflussen. Bedenkt man, dass die Akzeptanz eines Systems die tatsächliche Nutzung durch die Anwender maßgeblich determiniert (Venkatesh et al. 2003), die ihrerseits Voraussetzung für die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IT) ist, so wird die Bedeutung von empirischen Studien zur Akzeptanz von Computersystemen deutlich.

In einer bei der 28th International Conference on Information Systems vorgestellten fMRT-Studie (funktionelle Magnetresonanztomographie) wurde gezeigt, dass die beiden zentralen unabhängigen Variablen des Technology Acceptance Models (TAM), „Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung“ und „Wahrgenommene Nützlichkeit bei der Aufgabenerfüllung“, neuronale Korrelate haben (Dimoka et al. 2007).⁴ Ein Befund der Studie ist, dass das Konstrukt „Wahrgenommene Einfachheit der Nutzung“ eine kognitive und emotionale Komponente hat. Dieses Ergebnis stellt einen Erkenntnisfortschritt dar, weil bisher emotionale Aspekte im TAM kaum Berücksichtigung gefunden haben (Venkatesh et al. 2003).

Ein weiteres Ergebnis der Studie ist, dass das Konstrukt „Wahrgenommene Nützlichkeit bei der Aufgabenerfüllung“ im Falle von E-Commerce-Transaktionen – in der Studie wurde der Kauf von Kameras in Online-Shops untersucht – unter anderem zur Aktivierung des caudate nucleus führt. Dieses Hirnareal ist beispielsweise aktiviert, wenn eine Belohnung antizipiert wird (Haruno et al. 2004). Zudem wurde herausgefunden, dass die „Wahrgenommene Nützlichkeit bei der Aufgabenerfüllung“ zur Aktivierung des anterior cingulate cortex (ACC) führt.

Eine vermehrte Aktivität des ACC wird in der Fachliteratur mit kognitivem Konflikt in Verbindung gebracht (Botvinick et al. 1999; MacDonald et al. 2000). Es könnte nun der Schluss gezogen werden, dass die vermehrte ACC-Aktivität den Konflikt zwischen dem aus der Kameraanschaffung resultierenden Nutzen (schöne Bilder) und den Emotionen auf neuronaler Ebene repräsentiert.

⁴ Es sei in diesem Zusammenhang auf die Arbeit Dimoka und Davis (2008) hingewiesen, die zum Zeitpunkt der Fertigstellung des vorliegenden Artikels zwar schon angekündigt war (im Programm der 29th International Conference on Information Systems), jedoch noch nicht publiziert.

Ein Grund für das Vorliegen starker Emotionen könnte sein, dass beim Online-Shopping Produkte nicht durch Benutzung (z. B. Angreifen der Kamera und Nutzung von Funktionen) evaluiert werden können, was zu Unsicherheit führen kann (Pavlou et al. 2007).

Die starke Betonung des Zusammenspiels von menschlichen und maschinellen Komponenten in der Informationssystem-Forschung lässt darauf schließen, dass das Handeln von WI-Forschern sowohl von den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften als auch von Ingenieurwissenschaften, insbesondere der Angewandten Informatik, beeinflusst wird. Konsequenz einer Klassifikation in sozial- und wirtschaftswissenschaftliche sowie ingenieurwissenschaftliche Forschung ist, dass in der WI zwei Forschungsrichtungen existieren.

Ingenieurwissenschaftlich orientierte Wirtschaftsinformatiker entwickeln Artefakte, wie eben beispielsweise Entscheidungsunterstützungs-Systeme (EUS). Bei der Konstruktion von Artefakten wird im Allgemeinen der Stand der wissenschaftlichen Forschung berücksichtigt. Dieser hat sich in der Vergangenheit zumeist auf Erkenntnisse (i) der Kognitionspsychologie (z. B. bei der Entwicklung von Benutzeroberflächen), (ii) formalwissenschaftlicher Disziplinen (z. B. Mathematik bei der Entwicklung von Algorithmen) sowie (iii) von Konstruktionslehren (z. B. Vorgehensmodelle der Software-Entwicklung) bezogen.

In den letzten Jahren haben Gehirnforscher eine Vielzahl von Erkenntnissen zu den neurobiologischen Grundlagen von Entscheidungsprozessen erarbeitet, deren Kenntnis für die Entwickler von EUS bedeutsam ist (Platt und Glimcher 1999; Glimcher 2001; Glimcher 2002; Glimcher 2003; Glimcher und Rustichini 2004; Haruno et al. 2004; Hsu et al. 2005; Huettel et al. 2005; Trepel et al. 2005; Sanfey et al. 2006; Knutson und Bossaerts 2007; Winkielman et al. 2007). Ziel der Berücksichtigung von Erkenntnissen der kognitiven Neurowissenschaften bei der Konstruktion von EUS ist es, in der Entscheidungspraxis wichtige Erfolgsfaktoren günstig zu beeinflussen – solche Faktoren sind: Entscheidungsqualität; Entscheidungsdauer; kognitiver Aufwand, der für das Treffen einer Entscheidung notwendig ist; Zufriedenheit mit einer getroffenen Entscheidung (Payne et al. 1993).

Analyseebene Gruppe

Ein bedeutsames Forschungsgebiet in der WI ist die Untersuchung der rechnergestützten Zusammenarbeit von Individuen in Arbeitsgruppen (Hasenkamp et al. 1994). Ziel der Forschungsbemühungen ist es, die Effektivität und Effizienz von Gruppenarbeit (z. B. bei Entscheidungsprozessen) durch Einsatz von IT zu erhöhen.

Prozesse im menschlichen Gehirn können rationaler oder affektiver Art sein (Damasio 1994; Panksepp 1998). Diese Erkenntnis ist für die Konstruktion von Group Decision Support Systems (GDSS) bedeutsam, weil insbesondere Emotionen bei der Zusammenarbeit in Gruppen (z. B. in Konfliktsituationen) eine wesentliche Rolle spielen. Bhatt und Camerer (2005) haben in einem Experiment festgestellt, dass jene Probanden, deren Gehirnprozesse sowohl rationaler als auch affektiver Art waren, Aufgaben am effektivsten lösen konnten. Eine Berücksichtigung dieser Erkenntnis bei der Gestaltung von GDSS würde darauf abzielen, sowohl die rationalen Gehirnzentren, die im prefrontal cortex liegen, als auch die affektiven Regionen, die im limbic system liegen, anzusprechen. Die Wirkung unterschiedlich gestalteter Systeme auf die Entscheidungsqualität könnte wertvolle Aufschlüsse über den Nutzen von GDSS geben.

Der Erfolg von Arbeitsgruppen hängt maßgeblich von der Kooperation und dem Wettbewerb im Team ab. In der Fachliteratur werden neuronale Korrelate für die Kooperation (orbitofrontal cortex) und den Wettbewerb (inferiorer parietal und medial prefrontal cortex) beschrieben (Decety et al. 2004). Dieses Wissen könnte bei der Gestaltung von GDSS dahingehend umgesetzt werden, dass die Funktionalität und/oder das Design des Systems (i) die Aktivierung der für Kooperation verantwortlichen Gehirnareale bewirkt und/oder (ii) die Aktivierung der dem Wettbewerb zugrunde liegenden Areale unterdrückt.

Ein zentrales Forschungsfeld mit Fokus auf die Analyseebene „Gruppe“ ist die empirische Untersuchung von Softwareentwicklungsprozessen. Die Erforschung der Produktivität von Softwareentwicklungsteams war bisher in vielen Fällen auf Studien zur Vorgehensweise bei der Softwareentwicklung fokussiert (z. B. rechnergestützte Softwareentwicklung, Tabelle 1). Aufgrund der Verfügbarkeit von neurowissenschaftlichen Verfahren, insbesondere fMRT, eröffnen sich nun neue Möglichkeiten, um weitere Determinanten der Produktivität von Softwareentwicklungsteams zu erforschen.

Softwareentwickler haben, so wie alle anderen Menschen auch, unterschiedliche kognitive Fähigkeiten, die sich beispielsweise auf die Wahrnehmung von Objekten und Zahlen beziehen können. In der modernen Softwareentwicklung ist es Standard, die Anforderungen der künftigen Benutzer an die Software zu erheben, diese dann in konzeptionellen Entwürfen zu dokumentieren, um schließlich die Programmierung vorzunehmen (Sommerville 2007). In der Praxis ist es vielfach so, dass es sich bei jenen Personen, die einen konzeptionellen Entwurf anfertigen, nicht um die Personen handelt, die die Software dann auch programmieren. Es ist also von zentraler Bedeutung, konzeptionelle Entwürfe ohne zusätzliches Hintergrundwissen aus der Anforderungserhebung in qualitativ hochwertige Software umsetzen zu können. Die Produktivität eines Programmierers hängt somit maßgeblich von der Einfachheit der kognitiven Verarbeitung konzeptioneller Entwürfe ab.

Konzeptionelle Entwürfe wie beispielsweise Prozessmodelle können auf unterschiedliche Weisen angefertigt werden – das bedeutet, es werden verschiedene Notationen verwendet, die aus Buchstaben, Zahlen, Objekten und sonstigen Zeichen bestehen können (z. B. Frank 1994; Zelewski 1996). In der Vergangenheit wurde die Bedeutung der Kognitionspsychologie für die Evaluation von Modellierungsmethoden bereits thematisiert (Siau 1999). Da mittlerweile nicht mehr nur kognitionspsychologisch orientierte Theorien, sondern auch zuverlässige neuropsychologische Erkenntnisse hinsichtlich des Erkennens und Verarbeitens von Objekten und Zahlen verfügbar sind (Logothetis 2006; Nieder 2006), ist es nahe liegend, dieses Wissen für die Erklärung der Produktivität von Softwareentwicklungsteams zu verwenden.

Eine zentrale Forschungsfrage wäre beispielsweise, ob ein Softwareentwickler A eine objektorientierte Modellierungssprache (z. B. Unified Modeling Language, UML) kognitiv besser verarbeiten kann als eine kontrollflußorientierte Modellierungssprache (z. B. Ereignisgesteuerte Prozessketten, EPK), wohingegen die Fähigkeit zur kognitiven Verarbeitung bei Softwareentwickler B genau umgekehrt ist.

Aktuell geht man davon aus, dass der inferior temporal cortex die Endstrecke des ventralen Verarbeitungssystems ist, die ausschließlich der Objekterkennung dient (Logothetis 2006). Hinsichtlich der nichtsprachlichen numerischen Repräsentation weiß man, dass der prefrontal cortex und insbesondere der intraparietal sulcus Schlüsselstrukturen sind (Cantlon et al. 2006; Nieder 2006), was bedeutet, dass neuronale Aktivität in diesen Hirnarealen Urteile über Anzahlen oder serielle Positionen erklären kann. Die genannten Areale könnten somit Ausgangspunkt für fMRT-Studien zur neuronalen Verarbeitung von verschiedenen Modellierungssprachen sein. Da es üblich ist, in einem Softwareentwicklungsteam lediglich eine Modellierungssprache zu verwenden, könnten die Erkenntnisse von fMRT-Studien dazu verwendet werden, in einem Team nur solche Softwareentwickler zusammenzufassen, die einen bestimmten Modellierungstyp (z. B. objektorientierte Sprache) besonders einfach verarbeiten können. Dies könnte die Produktivität des Teams erhöhen.

Analyseebene Organisation

Neurowissenschaftliche Verfahren können beispielsweise für die Erforschung des Themas „Kriterien für die Auswahl und Evaluierung von Systemen“ herangezogen werden (Tabelle 1). Haier et al. (1992) haben im Rahmen einer PET-Studie (Positronen-Emissions-Tomographie) die Gehirnaktivitäten von gesunden Männern untersucht. Die Testpersonen hatten die Aufgabe, das Computerspiel Tetris zu spielen. Das Untersuchungsdesign war so gestaltet, dass die Messung zu zwei

Zeitpunkten erfolgte. Zu Beginn der Studie erfolgte die erste Messung; Testpersonen spielten Tetris und es erfolgte eine Erfassung der Gehirnaktivität.⁵ Die Probanden spielten danach fünf Mal pro Woche Tetris, wobei eine Trainingseinheit 30 bis 45 Minuten dauerte. Die Trainingsphase war danach jeweils zwischen vier bis acht Wochen lang. Am Ende seiner jeweiligen Trainingsphase spielte jeder Proband wieder Tetris und es erfolgte die zweite Messung der Gehirnaktivitäten.

Die der Untersuchung zugrunde liegende Hypothese war, dass eine gute Leistung beim Tetris-Spielen nach erfolgter Absolvierung der Trainingseinheiten mit einer verminderten Stoffwechselaktivität im Gehirn einhergeht. Die formulierte Hypothese konnte nicht falsifiziert werden. Für die WI ist dieser Befund von besonderem Interesse – Haier et al. (1992, S. 142) ziehen auf Basis ihrer Studie folgende zentrale Schlussfolgerung:

“[T]he brains of those who are better at a task are more efficient, i.e. use less energy during the task. The findings of the current study that, after learning, brain energy use is reduced during task performance is not inconsistent with our hypothesis [...] We believe that during the first attempts at playing the game, the subjects are trying out many different cognitive strategies for the task, thus using many different brain circuits involving varied brain areas. After much practice, it is likely that subjects have developed a set strategy for performance of the task and thus use fewer brain circuits and/or fewer neurons per circuit with the resulting less overall brain activity. The correlation between improvement on the task and decreasing brain glucose use suggests then that those who honed their cognitive strategy to the fewest circuits improved the most.”

Die Erkenntnisse von Haier et al. (1992) liefern wertvolle Erkenntnisse für die Auswahl und Evaluierung von Systemen. Die Fähigkeit von Computerbenutzern, Systeme effektiv und effizient bedienen zu können, ist für die Entfaltung der positiven Wirkungen von IT essentiell. Ob Systeme einfach und intuitiv zu bedienen sind, hängt sowohl vom Design des Systems, das somit ein wichtiges Kriterium für die Auswahl und Evaluierung ist, als auch von den kognitiven Fähigkeiten der Benutzer ab.

Angenommen ein Unternehmen überlegt, ein neues System einzuführen. Nach Durchführung einer Vorselektion stehen noch zwei Systeme zur Auswahl: System A und B. Zwanzig zufällig ausgewählte Testpersonen nehmen nun an einer Schulung teil, wovon wiederum zehn zufällig rekrutierte Personen am System A eingeschult werden und die restlichen zehn am System B (die Schulungsform ist bei beiden Systemen identisch). Die Gehirnaktivitäten der Personen werden vor und nach der Schulung im Rahmen einer PET-Studie untersucht.

Nach Durchführung der Schulung und den anschließenden Schulungstests stellt sich heraus, dass die Testpersonen_{SystemA} das Programm effektiv und effizient nutzen können und die Testpersonen_{SystemB} nicht. Eine Korrelationsanalyse zeigt zudem, dass die Testpersonen_{SystemA} beim ersten Scan eine hohe und beim zweiten Scan eine niedrige Gehirnaktivität aufweisen (wie in der Tetris-Studie von Haier et al. 1992); die Gehirnaktivitäten sind hingegen bei den Testpersonen_{SystemB} sowohl beim ersten als auch beim zweiten Scan hoch. Welche Schlussfolgerung könnte aus einem solchen Ergebnis abgeleitet werden? Es könnte der Schluss gezogen werden, dass das Design von System A besser den kognitiven Anforderungen von Computerbenutzern entspricht als das Design von System B; eine nützliche Erkenntnis, die bei der Systemauswahl berücksichtigt werden kann.

Analyseebene Gesellschaft

Die Erforschung des Themas „Elektronische Märkte“ bietet zum aktuellen Zeitpunkt vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz neurowissenschaftlicher Verfahren (Tabelle 1). E-Commerce-Transaktionen sind durch einen hohen Grad an Unsicherheit charakterisiert (Pavlou et al. 2007). In der neurowissenschaftlichen Fachliteratur wurden bereits Gehirnregionen lokalisiert, die mit spezifischen Ausprägungen von Unsicherheit in Verbindung stehen. Unsicherheit im Allgemeinen

⁵ Die Testpersonen hatten noch nie zuvor Tetris gespielt (sie waren somit Anfänger).

manifestiert sich neurobiologisch im prefrontal & parietal cortex (Huettel et al. 2005). Des Weiteren haben Knutson et al. (2001) bei Risiko Aktivierungen im nucleus accumbens festgestellt. Hsu und Camerer (2004) haben herausgefunden, dass Ambiguität mit einer Aktivierung im insular cortex einhergeht. Die Nützlichkeit dieser Erkenntnisse für die WI-Forschung bringen Dimoka et al. (2007, S. 10) treffend auf den Punkt:

“Besides verifying that risk, uncertainty, and ambiguity are distinct constructs associated with different brain areas, IS researchers can assess the degree of risk, uncertainty, and ambiguity of different websites, link them to specific IS constructs, and predict whether consumers will transact with these websites. For example, risk can be linked to seller opportunism, uncertainty to fulfillment timing, and ambiguity to privacy and security concerns [...] researchers can also assess the effects of IT stimuli (e.g., third-party accreditation, consumer feedback, privacy and security seals) and website characteristics on brain activation to examine whether they reduce risk, uncertainty, and ambiguity.”

Eine weitere Facette neurowissenschaftlicher Forschung im E-Commerce liegt in der neurobiologischen Analyse von Vertrauen (Gefen et al. 2008). Online-Transaktionen sind durch ein hohes Maß an Unsicherheit gekennzeichnet (Pavlou et al. 2007). Es verwundert daher nicht, dass in der Informationssystem-Forschung bisher eine Vielzahl an Untersuchungen zur Rolle von Vertrauen im E-Commerce veröffentlicht wurde (siehe z. B. ein kürzlich erschienenes Schwerpunktheft des Journal of Management Information Systems, Vol. 24, No. 4, 2008).

Die neurobiologische Vertrauensforschung liefert für Wirtschaftsinformatiker mehrere wertvolle Anhaltspunkte für eigene Forschungsinitiativen. Die Ergebnisse eines von King-Casas et al. (2005) durchgeführten fMRT-Experiments legen nahe, dass der caudate nucleus Informationen zur Fairness von Entscheidungen eines Transaktionspartners verarbeitet. Des Weiteren dürfte dieses Hirnareal auch Informationen zur Absicht, fairen Transaktionspartnern Vertrauen entgegenzubringen, verarbeiten (King-Casas et al. 2005; Miller 2005). Wenn WI-Forscher beispielsweise die Vertrauenswürdigkeit von Online-Shopping-Websites evaluieren wollen, dann könnte dies im Rahmen eines fMRT-Experiments erfolgen. Die zugrunde liegende These wäre, dass besonders vertrauenswürdige Websites zu einer überdurchschnittlich starken Aktivierung des caudate nucleus führen.

Zu den neurobiologischen Grundlagen von Misstrauen liegen ebenfalls bereits Erkenntnisse der kognitiven Neurowissenschaften vor. Winston et al. (2002) haben beispielsweise herausgefunden, dass die Aktivierung der amygdala der untersuchten Probanden immer dann hoch war, wenn im fMRT-Scanner Bilder von besonders wenig vertrauenswürdigen Gesichtern gezeigt wurden. Dieser Befund könnte für die empirische Untersuchung von Website-Designs verwendet werden. Die These wäre, dass Websites, die zu einer überdurchschnittlich hohen Aktivierung der amygdala führen, wenig vertrauenswürdig sind. Man könnte somit die Gestaltung von Websites experimentell variieren, um jene Komponenten (z. B. Menüs, Buttons, Pop-ups, Farben) zu identifizieren, die die Aktivierung der Hirnregion auslösen. Für Entwickler liefern solche Erkenntnisse wertvolle Hinweise, die bei der Implementierung von Websites berücksichtigt werden können.

Tabelle 2 fasst die im Beitrag vorgestellten beispielhaften Anwendungen der kognitiven Neurowissenschaften in der WI zusammen. Die Beispiele werden den vier Analyseebenen Individuum, Gruppe, Organisation und Gesellschaft zugeordnet und es werden zu jedem Beispiel auszugsweise relevante Quellen angegeben.

Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde anhand von exemplarischen Anwendungen das Erkenntnispotenzial der kognitiven Neurowissenschaften für die WI dargelegt. Die Darstellung baute dabei auf einem theoretischen Bezugsrahmen auf, der verschiedene Analyseebenen in der WI-Forschung beschreibt (Individuum, Gruppe, Organisation, Gesellschaft). Ein zentrales Fazit des vorliegenden Aufsatzes ist, dass die kognitiven Neurowissenschaften substanziell zur Erklärung und Gestaltung von In-

Tabelle 2: Beispielhafte WI-Anwendungen der kognitiven Neurowissenschaften

Analyseebene	Beispielhafte WI-Anwendungen	Relevante Quellen (Auszug)
Individuum	Mensch-Maschine-Interaktion	Lee und Tan (2006); Tan und Lee (2006)
	Zufriedenheit von Computerbenutzern, Akzeptanz von Systemen	Dimoka et al. (2007); Dimoka und Davis (2008)
	Entscheidungsunterstützungs-Systeme	Glimcher (2002); Sanfey et al. (2006)
Gruppe	Computerunterstützte Gruppenarbeit, Entscheidungsunterstützungs-Systeme für Gruppen	Decety et al. (2004); Bhatt und Camerer (2005)
	Produktivität von Softwareentwicklungsteams, Rechnergestützte Softwareentwicklung	Cantlon et al. (2006); Logothetis (2006)
Organisation	Kriterien für die Auswahl und Evaluierung von Systemen	Haier et al. (1992)
Gesellschaft	Elektronische Märkte	Huettel et al. (2005); King-Casas et al. (2005)

formationssystemen beitragen können. Dieser Umstand ist bedeutsam, weil sich die WI zum Ziel gesetzt hat, sowohl in der Realität beobachtbare Sachverhalte erklären zu können als auch die Realität durch die Konstruktion von Informationssystemen (z. B. BCI-Systeme wie im Falle des Microsoft-Patents) zu verändern (Mertens et al. 2005; Heinrich et al. 2007).

Bereits in der Vergangenheit wurden in den verschiedensten Epochen neue wissenschaftliche Messverfahren erfunden und kontinuierlich weiterentwickelt – diese haben den Erkenntnisfortschritt in den damals existierenden Wissenschaften vorangetrieben. Im 17. Jahrhundert erfand der holländische Brillenmacher Hans Lippershey ein Fernrohr, das den Blick in das Weltall ermöglichte – das Teleskop war erfunden. In einem Aufsatz mit dem Titel „Die Eroberung des Himmels“ schreibt die Wissenschaftshistorikerin Wolfschmidt (2004, S. 206) dazu:

„Neue Entdeckungen durch das Fernrohr – Während die Präzisionsmessung wichtig im Bereich der Forschung war, hatte die Erfindung und Entwicklung des Fernrohrs eine große Wirkung auf die Öffentlichkeit. Im 17. Jahrhundert gelangen damit wichtige Entdeckungen, die das Bild vom Kosmos entscheidend veränderten und damit eine Revolution bewirkten; allein die Zahl der wahrnehmbaren Objekte zur Positionsbestimmung erhöhte sich um ein Vielfaches, aber auch qualitativ waren ganz neue Untersuchungen möglich; zum Beispiel erlaubte die Untersuchung der Oberflächen der Planeten und der Sonne eine Bestimmung ihrer Rotationszeit. Die mechanische Natur des Universums konnte jedem, der durch ein kleines Fernrohr sah, vor Augen geführt werden (z.B. Beobachtungen der Jupitermonde). Zunächst stand das Sammeln von Beobachtungen, von Fakten, im Vordergrund, die aber nicht unbedingt in Zusammenhang mit dem copernicanischen Weltbild stehen mußten.“

Technik hat den Blick in die Ferne möglich gemacht. Das Fernrohr hat die Astronomie verändert. In welchem Ausmaß neurowissenschaftliche Methoden, die den Blick in das menschliche Gehirn ermöglichen, die WI befruchten, wird die Zukunft zeigen. Unbestritten ist, dass neurowissenschaftliche Ansätze das bestehende Methodenarsenal der WI sinnvoll ergänzen können. Dem Triangulationsgedanken entsprechend (z. B. Mingers 2001) ist daher beim zweckmäßigen Einsatz von Methoden der kognitiven Neurowissenschaften mit einem Erkenntnisfortschritt in der WI zu rechnen.

- Bailey, J.E., Pearson, S.W. (1983), Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction, in: *Management Science*, 29, 530-545.
- Bariff, M.L., Ginzberg, M.J. (1982), MIS and the behavioral sciences: Research patterns and prescriptions, in: *DATA BASE*, 14, 19-26.
- Baroudi, J., Orlikowski, W. (1988), A short-form measure of user information satisfaction: A psychometric evaluation and notes on use, in: *Journal of Management Information Systems*, 4, 44-59.
- Bhatt, M., Camerer, C.F. (2005), Self-referential thinking and equilibrium as states of mind in games: fMRI evidence, in: *Games and Economic Behavior*, 52, 424-459.
- Botvinick, M., Nystrom, L.E., Fissell, K., Carter, C.S., Cohen, J.D. (1999), Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex, in: *Nature*, 402, 179-181.
- Camerer, C.F., Loewenstein, G., Prelec, D. (2004), Neuroeconomics: Why economics needs brains, in: *Scandinavian Journal of Economics*, 106, 555-579.
- Cantlon, J.F., Brannon, E.M., Carter, E.J., Pelphrey, K.A. (2006), Functional imaging of numerical processing in adults and 4-y-old children, in: *PLOS Biology*, 4, 844-854.
- Chorvat, T., McCabe, K., Smith, V. (2005), Law and neuroeconomics, in: *Supreme Court Economic Review*, 13, 35-62.
- Damasio, A.R. (1994), *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*, New York: Putnam & Sons.
- Davis, F. (1993), User acceptance of information technology: Systems characteristics, user perceptions and behavioral impact, in: *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, 475-487.
- Davis, F.D. (1989), Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, in: *MIS Quarterly*, 13, 319-339.
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P., Warshaw, P.R. (1989), User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models, in: *Management Science*, 35, 982-1003.
- Decety, J., Jackson, P.L., Sommerville, J.A., Chaminade, T., Meltzoff, A.N. (2004): The neural bases of cooperation and competition: An fMRI investigation, in: *Neuroimage*, 23, 744-751.
- Dimoka, A., Davis, F.D. (2008), Where does TAM reside in the brain? The neural mechanisms underlying technology adoption, in: *Proceedings of the 29th International Conference on Information Systems*, 1-18.
- Dimoka, A., Pavlou, P.A., Davis, F.D. (2007), Neuro-IS: The potential of cognitive neuroscience for information systems research, in: *Proceedings of the 28th International Conference on Information Systems*, 1-20.
- Doll, W.J., Torkzadeh, G. (1988), The measure of end-user computing satisfaction, in: *MIS Quarterly*, 12, 259-274.
- Fitzgibbon, S.P., Pope, K.J., Mackenzie, L., Clark, C.R., Willoughby, J.O. (2004), Cognitive tasks augment gamma EEG power, in: *Clinical Neurophysiology*, 115, 1802-1809.
- Frank, U. (1994), *Multiperspektivische Unternehmensmodellierung: Theoretischer Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung*, München: Oldenbourg.
- Frank, U., Schauer, C., Wigand, R.T. (2008), Different paths of development of two information systems communities: A comparative study based on peer interviews, in: *Communications of the AIS*, 22, 391-412.
- Friedman, D., Leeb, R., Guger, C., Steed, A., Pfurtscheller, G., Slater, M. (2007), Navigating virtual reality by thought: What is it like? in: *Presence*, 16, 100-110.
- Gefen, D., Benbasat, I., Pavlou, P.A. (2008), A research agenda for trust in online environments, in: *Journal of Management Information Systems*, 24, 275-286.
- Gevins, A.A., Zaeitlin, G.M., Doyle, J.C., Dedon, M.F., Schaffer, R.E., Yeager, C.L. (1979a), Patterns during Cognitive Tasks. I. Methodology and analysis of complex behaviors, in: *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 47, 693-703.
- Gevins, A.A., Zaeitlin, G.M., Doyle, J.C., Schaffer, R.E., Gallaway, E. (1979b), EEG patterns during cognitive tasks. II. Analysis of controlled tasks, in: *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 47, 704-710.
- Glimcher, P.W. (2001), Making choices: The neurophysiology of visual-saccadic decision making, in: *Trends in Neurosciences*, 24, 654-659.
- Glimcher, P.W. (2002), Decisions, decisions, decisions: Choosing a biological science of choice, in: *Neuron*, 36, 323-332.
- Glimcher, P.W. (2003), The neurobiology of visual-saccadic decision making, in: *Annual Review of Neuroscience*, 26, 133-179.

- Glimcher, P.W., Rustichini, A. (2004), Neuroeconomics: The consilience of brain and decision, in: *Science*, 306, 447-452.
- Haier, R.J., Siegel Jr., B.V., MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S., Buchsbaum, M.S. (1992), Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: A positron emission tomographic study, in: *Brain Research*, 570, 134-143.
- Haruno, M., Kuroda, T., Doya, K., Toyama, K., Kimura, M., Samejima, K., Imamizu, H., Kawato, M. (2004), A neural correlate of reward-based behavioral learning in caudate nucleus: A functional magnetic resonance imaging study of a stochastic decision task, in: *The Journal of Neuroscience*, 24, 1660-1665.
- Hasenkamp, U., Kirn, S., Syring, M. (1994), *CSCW – Computer Supported Cooperative Work: Informationssysteme für dezentralisierte Unternehmensstrukturen*, Bonn: Addison-Wesley.
- Heinrich, L.J. (1995), Forschungsziele und Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik, in: Wächter, H. (Hrsg.), *Selbstverständnis betriebswirtschaftlicher Forschung und Lehre*, Wiesbaden: Gabler, 27-54.
- Heinrich, L.J. (2005), Forschungsmethodik einer Integrationsdisziplin: Ein Beitrag zur Geschichte der Wirtschaftsinformatik, in: *NTM International Journal of History and Ethics of Natural Sciences, Technology and Medicine*, 13, 104-117.
- Heinrich, L.J., Heinzl, A., Roithmayr, F. (2007), *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundlegung*, 3. Auflage, München: Oldenbourg.
- Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D., Camerer, C.F. (2005), Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making, in: *Science*, 310, 1680-1683.
- Hsu, M., Camerer, C.F. (2004), *Ambiguity-aversion in the brain*, Working Paper, California Institute of Technology.
- Huettel, S.A., Song, A.W., McCarthy, G. (2005), Decisions under uncertainty: Probabilistic context influences activation of prefrontal and parietal cortices, in: *The Journal of Neuroscience*, 25, 3304-3311.
- Ives, B., Olson, M.H., Baroudi, J.J. (1983), The measurement of user information satisfaction, in: *Communications of the ACM*, 26, 785-793.
- Kenning, P., Plassmann H. (2005), NeuroEconomics: An overview from an economic perspective, in: *Brain Research Bulletin*, 67, 343-354.
- King-Casas, B., Tomlin, D., Anen, C., Camerer, C.F., Quartz, S.R., Montague, P.R. (2005), Getting to know you: Reputation and trust in a two-person economic exchange, in: *Science*, 308, 78-83.
- Knoch, D., Pascual-Leone, A., Meyer, K., Treyer, V., Fehr, E. (2006), Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex, in: *Science*, 314, 829-832.
- Knutson, B., Adams, C.M., Fong, G.W., Hommer, D. (2001), Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens, in: *Neuroscience*, 21, 1-5.
- Knutson, B., Bossaerts, P. (2007), Neural antecedents of financial decisions, in: *The Journal of Neuroscience*, 27, 8174-8177.
- König, W., Heinzl, A., Poblitzki, A. (1995), Die zentralen Forschungsgegenstände der Wirtschaftsinformatik in den nächsten zehn Jahren, in: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 37, 558-569.
- Lai, V.S., Mahapatra, R.K. (1997), Exploring the research in information technology implementation, in: *Information & Management*, 32, 187-201.
- Lee, J.C., Tan, D.S. (2006), Using a low-cost electroencephalograph for task classification in HCI research, in: *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 81-90.
- Logothetis, N.K. (2006), Neuronale Implementierung der Objekt- und Gesichtserkennung, in: Karnath, H.-O., Thier, P. (Hrsg.), *Neuropsychologie*, 2. Auflage, Heidelberg: Springer, 117-127.
- MacDonald, A.W., Cohen, J.D., Stenger, V.A., Carter, C.S. (2000), Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control, in: *Science*, 288, 1835-1838.
- Mertens, P. (1995), *Wirtschaftsinformatik – Von den Moden zum Trend*, in: König, W. (Hrsg.), *WIRTSCHAFTSINFORMATIK 95, Wettbewerbsfähigkeit – Innovation – Wirtschaftlichkeit*, Heidelberg: Physica, 25-64.
- Mertens, P., Bodendorf, F., König, W., Picot, A., Schumann, M., Hess, T. (2005), *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*, 9. Auflage, Berlin: Springer.
- Miller, G. (2005), Economic game shows how the brain builds trust, in: *Science*, 308, 36.

- Mingers, J. (2001), Combining IS research methods: Towards a pluralist methodology, in: *Information Systems Research*, 12, 240-259.
- Nieder, A. (2006), Neurobiologische Grundlagen der Zahlenverarbeitung, in: Karnath, H.-O., Thier, P. (Hrsg.), *Neuropsychologie*, 2. Auflage, Heidelberg: Springer, 391-399.
- Panksepp, J. (1998), *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*, Oxford: Oxford University Press.
- Pavlou, P.A., Liang, H., Xue, Y. (2007), Understanding and mitigating uncertainty in online environments: An agency theory perspective, in: *MIS Quarterly*, 31, 105-136.
- Payne, J.W., Bettman, J.R., Johnson, E.J. (1993), *The adaptive decision maker*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Platt, M.L., Glimcher, P.W. (1999), Neural correlates of decision variables in parietal cortex, in: *Nature*, 400, 233-238.
- Sanfey, A.G., Loewenstein, G., McClure, S.M., Cohen, J.D. (2006), Neuroeconomics: Cross-currents in research on decision making, in: *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10, 108-116.
- Sanfey, A.G., Rilling, J.K., Aronson, J.A., Nystrom, L.E., Cohen, J.D. (2003), The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game, in: *Science*, 300, 1755-1757.
- Scherer, R., Lee, F. Y., Schlögl, A., Leeb, R., Bischof, H., Pfurtscheller, G. (2008), Towards self-paced brain-computer communication: Navigation through virtual worlds, in: *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55, 675-682.
- Schilke, O., Reimann, M. (2007), Neuroökonomie: Grundverständnis, Methoden und betriebswirtschaftliche Anwendungsfelder, in: *Journal für Betriebswirtschaft*, 57, 247-262.
- Siau, K. (1999), Information modeling and method engineering: A psychological perspective, in: *Journal of Database Management*, 10, 44-50.
- Sommerville, I. (2007), *Software Engineering*, München: Pearson.
- Tan, D.S., Lee, J.C. (2006), Using electroencephalograph signals for task classification and activity recognition, Microsoft Corporation, US Patent & Trademark Office, Serial No.: 349859, United States Patent Application No.: 20070185697, Filed: February 7, 2006.
- Trepel, C., Fox, C.R., Poldrack, R.A. (2005), Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk, in: *Cognitive Brain Research*, 23, 34-50.
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., Davis, F.D. (2003), User acceptance of information technology: Toward a unified view, in: *MIS Quarterly*, 27, 425-478.
- Vessey, I., Ramesh, V., Glass R.L. (2002), Research in information systems: An empirical study of diversity in the discipline and its journals, in: *Journal of Management Information Systems*, 19, 129-174.
- Wilde, T., Hess, T. (2007), Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik – Eine empirische Untersuchung, in: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 49, 280-287.
- Winkelman, P., Knutson, B., Paulus, M., Trujillo, J.L. (2007), Affective influence on judgments and decisions: Moving towards core mechanisms, in: *Review of General Psychology*, 11, 179-192.
- Winston, J.S., Strange, B.A., O'Doherty, J., Dolan, R.J. (2002), Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces, in: *Nature Neuroscience*, 5, 277-283.
- Wixom, B.H., Todd, P.A. (2005), A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance, in: *Information Systems Research*, 16, 85-102.
- Wolfschmidt, G. (2004), Die Eroberung des Himmels, in: Van Dülmen, R., Rauschenbach, S. (Hrsg.), *Macht des Wissens – Die Entstehung der modernen Wissensgesellschaft*, Wien: Böhlau, 187-212.
- Zelewski, S. (1996), Eignung von Petrinetzen für die Modellierung komplexer Realsysteme – Beurteilungskriterien, in: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 38, 369-381.