Technostress aus einer neurobiologischen Perspektive

Systemabsturz führt bei Computerbenutzern zu einem Anstieg des Stresshormons Kortisol

Sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch Einzelberichte aus der Praxis zeigen, dass die Mensch-Computer-Interaktion zu beträchtlichen Stresswahrnehmungen bei Benutzern führen kann. Diese Art von Stress wird als Technostress bezeichnet. Die meisten der bislang veröffentlichten Studien im Bereich Technostress basieren auf Fragebögen. In diesem Beitrag nehmen wir eine andere konzeptionelle Perspektive ein, nämlich jene der Neurobiologie, und dadurch führen wir eine neue theoretische Betrachtungsweise in die Technostressliteratur ein. Wir berichten über ein Laborexperiment, indem wir die Auswirkungen eines Systemabsturzes auf die Veränderungen im Kortisolspiegel von Benutzern untersuchten – Kortisol ist ein bedeutendes Stresshormon im menschlichen Körper. Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass der Kortisolspiegel signifikant ansteigt, wenn ein System bei Ausführung einer Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe abstürzt. Auf Basis dieses Ergebnisses ergeben sich bedeutende Implikationen für Forschung, Entwicklung und Management von Informations- und Kommunikationstechnologien, und nicht zuletzt auch für die Gesundheitspolitik. Wir argumentieren im Beitrag, dass die zukünftige Forschung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion die neurobiologische Perspektive als erkenntnisfördernden komplementären Ansatz zu den traditionellen Konzepten betrachten sollte.

DOI 10.1007/s11576-012-0314-6

Die Autoren

Prof. Dr. René Riedl (✉)
Institut für Wirtschaftsinformatik – Information Engineering
Johannes Kepler Universität Linz
Altenberger Str. 69
4040 Linz
Österreich
rene.riedl@jku.at

Prof. (FH) Dr. Harald Kindermann
Prof. (FH) Dr. Andreas Auinger
Fakultät für Management
Fachhochschule Oberösterreich
Wehrgrabengasse 1-3
4400 Steyr
Österreich
harald.kindermann@fh-steyr.at
andreas.auinger@fh-steyr.at

Dr. Andrija Javor M.D.
Abteilung für Neurologie und Psychiatrie
Allgemeines Krankenhaus Linz
Krankenhausstrasse 9
4021 Linz
Österreich
andrija.javor@akh.linz.at

Eingegangen: 2011-07-15
Angenommen: 2011-12-27
Angenommen nach zwei Überarbeitungen durch Prof. Dr. Heinzl.
Online publiziert: 2012-02-09

This article is also available in English via http://www.springerlink.com and http://www.bise-journal.org: Riedl R, Kindermann H, Auinger A, Javor A (2012) Technostress from a Neurobiological Perspective. System Breakdown Increases the Stress Hormone Cortisol in Computer Users. Bus Inf Syst Eng. doi: 10.1007/s12599-012-0207-7.

© Gabler Verlag 2012

1 Einleitung und Forschungsfrage

Im Jahr 2008 erreichte die Anzahl der weltweit im Einsatz befindlichen PCs die Milliardengrenze und es wird prognostiziert, dass im Jahr 2014 eine weitere Milliarde im Einsatz sein wird (Gartner Group 2008). Zudem nutzen heute rund zwei

Milliarden Menschen das Internet (Internet World Stats 2010). Vor dem Hintergrund dieser Zahlen zum Durchdringungsgrad der heutigen Gesellschaft in Bezug auf Computer und Internet ist unbestritten, dass Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) einen entscheidenden Einfluss auf den Menschen haben.

Individuen, Organisationen und die Gesellschaft im Allgemeinen haben stark vom Einsatz von IKT profitiert – Beispiele sind ein verbesserter Zugang zu Informationen sowie eine erhöhte Effizienz und Produktivität (Brynjolfsson 1996; Brynjolfsson und Hitt 2000; Keeney 1999). Trotz dieses positiven Einflusses können das Design, die Implementierung, die Nutzung sowie die Wartung von IKT mit hohen Kosten verbunden sein. Bei der Evaluierung des Einflusses von IKT auf den Menschen sollten neben den Produkt- und Dienstleistungskosten auch die nicht unmittelbar transparenten Kosten berücksichtigt werden (Ayyagari et al. 2011). Im Besonderen zeigen sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch Einzelberichte aus der Praxis, dass die Mensch-Maschine-Interaktion im privaten und organisationalen Kontext zu beträchtlichen Stresswahrnehmungen bei Benutzern führen kann. Diese Art von Stress wird als *Technostress* bezeichnet, einem Begriff, der von Craig Brod in den 1980er-Jahren geprägt (Brod 1984) und später von Michelle Weil und Larry Rosen weiterentwickelt wurde; letztere haben den Begriff als „any negative impact on attitudes, thoughts, behaviors, or body physiology that is caused either directly or indirectly by technology" definiert (Weil und Rosen 1997, S. 5).

Eine Untersuchung der Fachliteratur zeigt, dass die meisten Studien Fragebögen verwendeten, um die Eigenschaften, Ursachen und Auswirkungen von Technostress zu untersuchen. Ein Forschungsprogramm von Richard Hudiburg zu den Eigenschaften von Technostress kann hier als Beispiel dienen. In diesem Programm wurde ein Instrument zur Messung von Technostress entwickelt, die „Computer Technology Hassles Scale". Dieses Instrument bestand in seiner umfangreichsten Form aus 69 Items zu denen ein Benutzer jeweils befragt wurde (i) welche Schwierigkeiten (z. B. Computersystem funktioniert nicht, langsames Programm, abgestürztes Programm, nicht verständliche Computeranweisungen, zu viele dargebotene Informationen) in den vergangenen beiden Monaten aufgetreten waren und (ii) welcher Schweregrad wahrgenommen wurde (Hudiburg 1989, 1995). Neben diesem Forschungsprogramm verwendeten viele andere Studien auch Fragebögen, um weitere Facetten von Technostress zu untersuchen.

So erforschte eine umfangreiche Studie (Ayyagari et al. 2011) beispielsweise die Ursachen von Technostress; es wurde dabei die Hypothese formuliert, dass Technologieeigenschaften (z. B. Nützlichkeit, Komplexität, Zuverlässigkeit) mit spezifischen Manifestationen von Stress in Zusammenhang stehen (z. B. Arbeitsüberlastung). Befragungsdaten von 661 erwerbstätigen Personen bestätigten die Hypothese. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass diese Forschungsrichtung eine große Anzahl IKT-bezogener Faktoren identifiziert hat, die zu Stresswahrnehmungen bei Benutzern führen können (Ayyagari et al. 2011; Day et al. 2010; Huston et al. 1993; Ragu-Nathan et al. 2008; Tarafdar et al. 2007). Solche Stressoren können akuter oder chronischer Art sein. Während Funktionsstörungen (z. B. Systemabsturz), Informationsüberlastung oder inkompatible Technologien akute Stressoren sind, handelt es sich bei Sicherheitsanforderungen, Erwartungen hinsichtlich kontinuierlichem Lernen, Verlust der Kontrolle über Raum und Zeit aufgrund permanenter Konnektivität, Überwachung des Benutzerverhaltens und der Leistung sowie Veränderungen bei organisationalen Aufgaben aufgrund IKT-getriebener Geschäftsprozessreorganisationen um chronische Stressoren. Bedeutsam ist, dass akute Stressoren, die immer wieder auftreten, zu chronischen Stresswahrnehmungen führen können (Day et al. 2010).

Neben den Ursachen von Technostress (d. h., akute und chronische Stressoren) wird in der Fachliteratur auch vielfach über dessen Auswirkungen berichtet; beispielsweise über Entfremdung, Ärger, Unzufriedenheit, Computerangst, Mangel an Aufgabenidentifikation, schwache Leistung, niedriger Produktivität und Gesundheitsprobleme (Brillhart 2004; Hung et al. 2011; Ragu-Nathan et al. 2008; Tarafdar et al. 2007, 2010, 2011a, 2011b; Weil und Rosen 1997). Eine Studie (Ragu-Nathan et al. 2008) untersuchte beispielsweise den Einfluss von Technostress auf die Arbeitszufriedenheit, die Bindung an eine Organisation und die Absicht in einer Organisation zu verbleiben. Auf Basis von Befragungsdaten von 608 Benutzern aus verschiedenen Organisationen wurde festgestellt, dass Technostress die Arbeitszufriedenheit verringert und die Bindung sowie die Absicht zum Verbleib in einer Organisation reduzieren. Eine andere Studie (Tarafdar et al. 2007), die auf Daten aus 223 Organisationen basiert, zeigt, dass Technostress negativ mit der individuellen Produktivität und positiv mit Aufgabenstress (d. h., Stress, der durch Aufgabenkonflikte und -überlastung entsteht) korreliert. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse eines Forschungsprogramms von Kanliang Wang und Qiang Tu, das auf Befragungsdaten aus China beruht, dass im Gegensatz zu Studien aus Nordamerika (i) Technostress keinen signifikanten Einfluss auf die Mitarbeiterproduktivität hat (Tu et al. 2005) und (ii) Mitarbeiter aus Unternehmen mit einem hohen Grad an Zentralisierung und Innovation mehr Technostress wahrnehmen als Mitarbeiter aus Unternehmen mit einem niedrigen Grad an Zentralisierung und Innovation (Wang et al. 2008). Schließlich zeigen die Ergebnisse einer Studie (Tarafdar et al. 2011b) neben anderen Befunden, dass Männer mehr Technostress wahrnehmen als Frauen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in der Fachliteratur Einvernehmen darüber besteht, dass Technostress ein multidimensionales Konstrukt ist, das verschiedenste Ursachen und Auswirkungen haben kann. Darüber hinaus können verschiedene Moderatorvariablen (z. B. Kultur und Geschlecht) die Beziehungen zwischen Technostress sowie dessen Ursachen und Auswirkungen beeinflussen.

Trotz des Erkenntniswerts der umfangreichen auf Fragebögen basierenden Technostressforschung (siehe eine Synopse von Day et al. 2010) nehmen wir in diesem Beitrag eine andere konzeptionelle Perspektive ein, nämlich jene der Neurobiologie. Dadurch ergänzen wir die Fachliteratur im Bereich der Informationssystemforschung durch eine neue theoretische Perspektive. Der Erkenntniswert unseres Ansatzes wird durch Ergebnisse empirischer Studien gestützt, die zeigen, dass *bewusste* Stresswahrnehmungen von Menschen, die mittels Fragebogen gemessen werden (z. B. Perceived Stress Scale, PSS, Cohen et al. 1983), kaum mit den typischerweise *unbewussten* Anstiegen von Stresshormonen korrelieren, insbesondere mit Kortisolanstiegen (Van Eck et al. 1996; Vedhara et al. 2000, 2003). Da wiederholte und

chronische Anstiege des Stresshormons Kortisol schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit haben können (De Kloet et al. 2005; McEwen 2006; Melamed et al. 1999; Walker 2007), erachten wir unseren neurobiologischen Ansatz als wertvolle Ergänzung zur existierenden Technostressliteratur.

In diesem Beitrag stellen wir ein Laborexperiment dar, bei dem wir eine fundamentale Forschungsfrage untersucht haben:

> *Führt der Absturz eines Systems bei einer Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe zu einem Anstieg des Stresshormons Kortisol?*

Der wissenschaftliche Wert unserer Studie resultiert aus dem Umstand, dass nach unserem Kenntnisstand bislang keine wissenschaftliche Untersuchung veröffentlicht wurde, welche die genannte Forschungsfrage adressiert. Daher ist unbekannt, ob dieser Stressor im Bereich Mensch-Computer-Interaktion, also der Computerabsturz, zu einem Kortisolanstieg führt, wohingegen aus dem Bereich der Mensch-Mensch-Interaktion seit langem bekannt ist, dass akute Stressoren (z. B. Vortragen vor einem Publikum) zu einem Kortisolanstieg führen können (siehe dazu Review-Arbeiten von Dickerson und Kemeny 2004; Foley und Kirschbaum 2010). Im Gegensatz zu anderen akuten Stressoren in der Mensch-Computer-Interaktion, insbesondere lange und variable Antwortzeiten von Systemen (siehe dazu eine aktuelle Synopse von Boucsein 2009), wurden Systemabstürze in der wissenschaftlichen Fachliteratur bislang weniger behandelt. Daher entschlossen wir uns dazu, diesen bislang kaum erforschten aber weit verbreiteten Stressor zu untersuchen. Dadurch schließen wir eine signifikante Forschungslücke. Der primäre praktische Nutzen unserer Studie bezieht sich auf die möglichen negativen Gesundheitsfolgen wiederholter IKT-Probleme sowie auf Strategien, die zur Bewältigung der negativen Effekte einen wirksamen Beitrag leisten können (Lazarus 1993; Lazarus und Folkman 1984).

Insgesamt trägt die gegenständliche Untersuchung zu einem besseren Verständnis von Technostressreaktionen von Benutzern bei, und zwar aus einer endokrinologischen Perspektive. Dadurch werden Erkenntnisse geschaffen, die insbesondere für Forschungsrichtungen von hoher Relevanz sind, die IKT-Forschung mit Neurobiologie verbinden, nämlich NeuroIS (z. B. Riedl et al. 2010b), Neuroergonomie (z. B. Hancock und Szalma 2008; Parasuraman und Rizzo 2008) sowie Affective Computing (z. B. Picard 1997).

Die weiteren Inhalte diese Beitrags sind wie folgt strukturiert: Im nächsten Abschnitt beschreiben wir Grundlagen biologischer Stressreaktionen im menschlichen Körper und zudem nennen wir einige gesundheitsgefährdende Folgen solcher Stressreaktionen. Danach erläutern wird unser Laborexperiment, gefolgt von einer Vorstellung der Ergebnisse sowie einer weiterführenden Diskussion. Schließlich zeigen wir Möglichkeiten künftiger Forschungsaktivitäten auf.

2 Die Neurobiologie von Stress

Gefahren für das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit gibt es viele. Daher müssen Menschen mit einer fast unbegrenzten Anzahl an Stressoren fertig werden, die physischer (z. B. Lärm, körperliche Überbelastung) und psychologischer (z. B. öffentlicher Vortrag, Mensch-Maschine-Interaktion) Art sein können. Aufgrund der Allgegenwärtigkeit von Stress seit Anbeginn der Menschheitsgeschichte haben sich neurobiologische Systeme entwickelt, die zur Bewältigung von Stresssituationen einen wirksamen Beitrag leisten können. Im Folgenden beschreiben wir ein bedeutendes System, die *Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse* (z. B. Tsigos und Chrousos 2002), um für die weiteren Inhalte dieses Beitrags eine konzeptionelle Grundlage zu schaffen.

Psychologische Stressoren beeinflussen die Physiologie durch Aktivierung spezifischer kognitiver und affektiver Prozesse und zugrunde liegender Gehirnmechanismen (Dickerson und Kemeny 2004; Foley und Kirschbaum 2010). Zuerst werden sensorische Informationen hinsichtlich eines akuten Stressors wie dem Absturz eines Computersystems in spezifischen Hirnregionen (insbesondere im Thalamus und Frontalkortex) verarbeitet. Danach erfolgt im Gehirn eine Beurteilung der Bedeutung eines Stimulus in einem spezifischen Kontext, und zwar geschieht dies oft unterbewusst, und diese Beurteilung kann zu einer Generierung von Emotionen führen; neuronal wird dies durch Aktivierung im limbischen System implementiert, einer bedeutsamen Region im menschlichen Gehirn, die zur Verarbeitung affektiver Informationen beiträgt. Der Hypothalamus, eine wichtige Struktur des limbischen Systems, fungiert dabei als „Kontrollzentrum" des neuroendokrinen Systems und setzt das Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) frei. CRH beeinflusst Aktivität in der Hypophyse, welche die darauf folgende Ausschüttung des Adrenocorticotropic-Hormons (ACTH) auslöst. Über den Blutstrom gelangt ACTH dann in die Nebennieren, wo es die Freisetzung von Kortisol in den Blutstrom stimuliert. Die Funktionsweise der menschlichen Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse (Kolb and Whishaw 2009, S. 193) ist in **Abb. 1** im Kontext einer Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe dargestellt.

Kortisol beeinflusst Stressreaktionen auf einer Physiologie- und Verhaltensebene (Dickerson und Kemeny 2004; Foley und Kirschbaum 2010). Neben anderen Funktionen erhöht es den Blutzucker und es verzögert Prozesse im menschlichen Körper, die in Stresssituationen nicht bedeutsam sind (z. B. Verdauung). Neben Kortisol spielt Adrenalin in Stresssituationen eine entscheidende Rolle. Im Gegensatz zu Adrenalin, das vor allem einen Zustand der Erregung sowie eine „Fight-or-Flight"-Antwort hervorruft (z. B. durch eine Erhöhung der Herzschlagrate), hat Kortisol insbesondere auch die Funktion, nach einer ersten Stressreaktion den Körper in einen stabilen und ausgeglichenen Zustand zurückzubringen, was als Homöostase bezeichnet wird. Dieser Effekt von Kortisol basiert auf dem Prinzip einer Hemmung negativer Rückkopplung, wodurch eine Rückführung auf Normalaktivität im Hypothalamus und der Hypophyse erreicht wird (vgl. **Abb. 1**). Die biologischen Prozesse, die mit dem Ziel der Herstellung eines Zustands der Homöostase geschehen, sind als General Adaptation Syndrome (GAS) bekannt, einem Begriff der vom Stressforscher Hans Selye in den 1940er-Jahren geprägt wurde (Selye 1946).

Ein Kortisolanstieg in Stresssituationen geht mit einer Veränderung der Wahrnehmung einher und beeinflusst die Kognition, Affekte, Verhalten und die Gesundheit. Forschungsergebnisse zeigen beispielsweise, dass experimentell verabreichtes Kortisol emotionale Zustände verbessern kann (Reuter 2002). Darüber

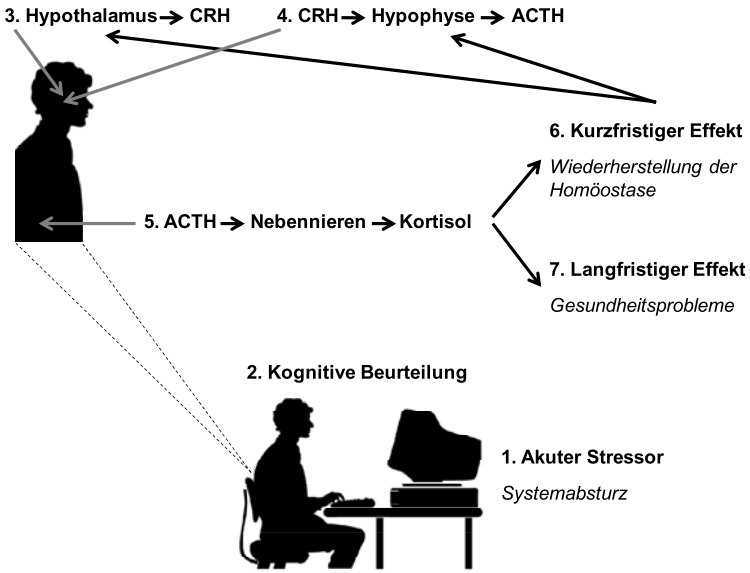

Abb. 1 Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse im Kontext von Mensch–Computer-Interaktion. *Anmerkungen*: *Die Ziffern* geben den zeitlichen Ablauf der Ereignisse an, *schwarze Pfeile* zeigen kausale Richtungen, *graue Pfeile* zeigen die ungefähre Lage; *ACTH*: Adrenocorticotropic-Hormon, *CRH*: Corticotropin-Releasing-Hormon

hinaus zeigen Befunde wissenschaftlicher Forschung (z. B. Nater et al. 2006), dass akute Kortisolanstiege in Stresssituationen zu einer verbesserten Gedächtnisleistung führen können (siehe dazu auch eine Synopse von Het et al. 2005). Nichtsdestoweniger ist festzuhalten, dass neben diesen positiven kurzfristigen Effekten anhaltende oder wiederholte Anstiege von Stresshormonen auf lange Sicht gesundheitsschädliche Wirkungen haben können.

So können erhöhte Kortisolspiegel beispielsweise zu chronischem Burnout, Depression, Fettleibigkeit, unterdrückter Immunfunktion, chronisch hohem Blutdruck sowie Atherosklerose (Arterienverkalkung) führen (z. B. De Kloet et al. 2005; McEwen 2006; Melamed et al. 1999; Walker 2007). Zudem kann Stress Schlaflosigkeit verursachen; erhöhte Kortisolwerte können das Einschlafen verzögern und Schlafmangel erhöht wiederum Kortisolwerte, sodass daraus ein Teufelskreis resultieren kann (Society for Neuroscience 2008, S. 32). Insgesamt zeigt die wissenschaftliche Forschung eindeutig auf, dass erhöhte Stresshormonspiegel einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung schwerer Krankheiten haben kann (siehe dazu z. B. ein Sonderheft der Fachzeitschrift *Dialogues in Clinical Neuroscience*, Vol. 8, No. 4).

3 Forschungsmethode

3.1 Stimulus und experimentelle Aufgabe

Mit der gegenständlichen Forschungsfrage untersuchen wir, ob ein akuter Stressor in der Mensch-Computer-Interaktion zu einem Kortisolanstieg führt. Da es in der Mensch-Computer-Interaktion viele verschiedene akute Stressoren gibt, war eine Entscheidung darüber zu treffen, welcher spezifische Stressor untersucht werden sollte. Die Entscheidung fiel auf den Absturz eines Computersystems in Form einer Fehlernachricht. Drei Gründe waren für diese Entscheidung ausschlaggebend. Erstens zeigt die Forschung (Hudiburg 1989, 1995; Weil und Rosen 1997, S. 189), dass Systemabstürze zu den bedeutsamsten und am weitesten verbreiteten Problemen im Umgang mit IKT gehören. Zweitens hat vermutlich jeder Benutzer Erfahrung mit einem Systemabsturz. Drittens ist ein Systemabsturz ein Stressor, der im Kontext eines Laborexperiments einfacher zu implementieren ist als andere Stressoren, die von Handlungen des Benutzers abhängig sind (z. B. das Vergessen des Speicherns von Systemeingaben) (Hudiburg 1989, S. 1394).

Nachdem wir einen Systemabsturz als den zu untersuchenden Stressor festgelegt hatten, integrierten wir diesen Stressor in eine Benutzungsoberfläche (vgl. **Abb. 2**). Es wurde für das Experiment ein Onlineshop von Grund auf neu entwickelt, anstatt einen existierenden und somit möglicherweise bekannten Shop zu verwenden. Dadurch konnten wir ausschließen, dass die Erfahrung mit einer spezifischen Benutzungsoberfläche die Ergebnisse beeinflusst.

Die Probanden hatten die Aufgabe, in diesem Onlineshop zwölf Produkte (z. B. Kleidung und Schuhe) zu suchen und diese in den Einkaufswagen zu legen. Die zwölf Produkte waren auf einem Blatt Papier abgebildet und zudem kurz beschrieben; dieses Blatt lag neben dem Computer. Es gab keinen Zeitdruck, um die Aufgabe auszuführen. Den Probanden wurde lediglich mitgeteilt, dass das Ziel des Experiments die Untersuchung der Benutzbarkeit des Onlineshops ist.

Zu einem Kortisolanstieg kommt es typischerweise dann, wenn (i) die Erreichung bedeutsamer Ziele gefährdet ist, (ii) die Situation unkontrollierbar ist und/oder (iii) die Leistung bei der Durchführung einer Aufgabe negativ durch Dritte beurteilt werden kann (Dickerson und Kemeny 2004). Das Experiment war so gestaltet, dass alle drei Bedingungen erfüllt waren. Erstens verwendeten die Probanden zur Erreichung eines Ziels (die Suche nach Produkten und das Ablegen im Einkaufswagen) einen Computer, dessen Absturz die Zielerreichung gefährdet. Zweitens waren die Probanden nicht in der Lage, das technische Problem ohne externe Hilfe zu lösen; somit war die Situation unkontrollierbar. Drittens waren sich die Probanden darüber bewusst, dass die Leistung bei der Aufgabenausführung (das Ablegen der zwölf Produkte im Einkaufswagen) durch den Experimentator evaluierbar ist; somit bestand die Gefahr einer sozialen Evaluierung.

3.2 Probanden und Eigenschaften der Stichprobe

Basierend auf einem Between-Subjects-Design nahmen insgesamt $N = 20$ Personen an der Studie teil (Alter: $M = 24{,}7$ Jahre, $SD = 5{,}5$). Um hormonelle Einflüsse aufgrund des Menstruationszyklus zu vermeiden, nahmen ausschließlich männliche Probanden am Experiment teil. Jeder Proband wurde zufällig entweder der Treatmentbedingung ($N = 10$, mit Systemabsturz) oder der Kontrollbedingung ($N = 10$, kein Absturz) zugeteilt.

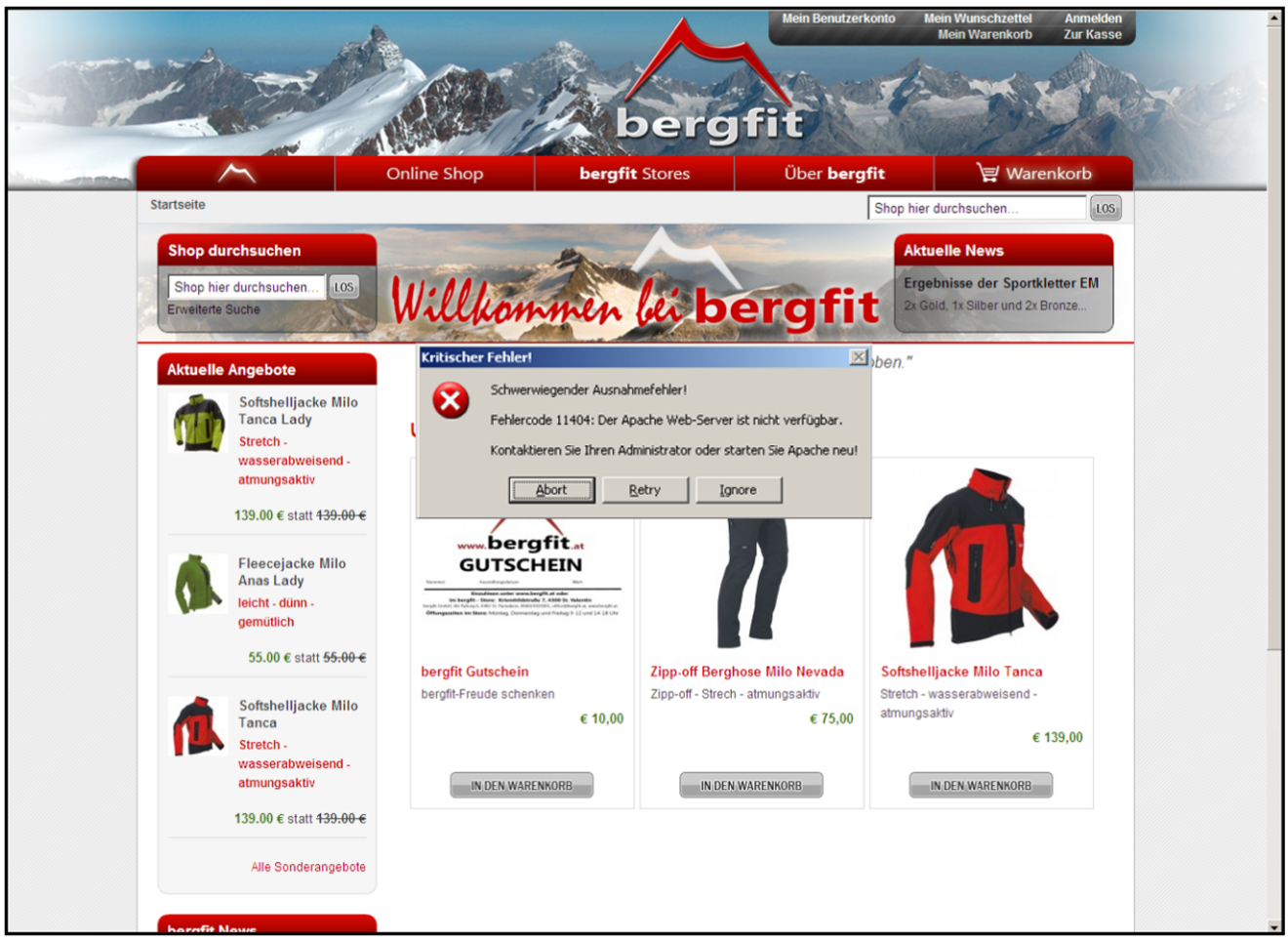

Abb. 2 Systemabsturz in Form einer Fehlernachricht. *Anmerkungen*: Der Screenshot zeigt die Fehlernachricht, die in der Treatmentbedingung erschienen ist. In der Kontrollbedingung erschien keine Fehlernachricht

Da Stresseffekte aufgrund eines Systemabsturzes in einer simulierten Internetumgebung (hier Onlineshopping) mit der tatsächlichen Internetnutzung zusammenhängen können, ist es bedeutsam, dass hinsichtlich dieser Variable kein Unterschied zwischen der Treatment- und Kontrollgruppe besteht. Da wir unsere Probanden über Kundmachungen an einer österreichischen Hochschule mit einem Schwerpunkt auf IKT-Studienprogrammen rekrutierten, war die Stichprobe hinsichtlich „Internetnutzung“ sehr homogen. Eine ANOVA zeigte, dass zwischen der Treatment- und Kontrollgruppe kein signifikanter Unterschied bestand: $F(1,19) = 0{,}212$, $p = 0{,}651$ (fünfstufige Likert-Skala mit 1 = „sehr oft“ und 5 = „nie“, Treatmentgruppe: 1,35 M/0,34SD, Kontrollgruppe: 1,45M/0,60SD).

Jeder Proband gab eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie ab; für die Teilnahme gab es eine finanzielle Entschädigung. Ein Hochschulausschuss genehmigte die Studie. Standardausschlusskriterien wurden vorab festgelegt und angewendet (Takahashi et al. 2005): Rauchen, Getränkekonsumation, Einnahme von Medikamenten, Leiden an akuten oder chronischen hormonellen Fehlfunktionen sowie psychosomatischen oder psychiatrischen Erkrankungen. Alle Probanden wurden zudem angewiesen, keine alkohol- oder koffeinhaltigen Getränke zu konsumieren und keine körperliche Betätigung von 19:00 Uhr an dem Tag vor ihrer Teilnahme am Experiment auszuüben. Darüber hinaus wurden die Probanden instruiert, zwei Stunden vor ihrer Teilnahme am Experiment nichts mehr zu trinken und zu essen (ausgenommen Wasser). Da der menschliche Kortisolspiegel tageszeitlichen Schwankungen unterliegt (Anstieg am Morgen und relativ konstantes Niveau am Nachmittag, Dickerson und Kemeny 2004), fanden alle Einheiten des Experiments zwischen 14:00 und 18:00 Uhr statt.

Im Vergleich zu traditioneller verhaltenswissenschaftlicher Forschung (sowohl in den Verhaltenswissenschaften als auch in der IS-Disziplin) sind Stichprobengrößen in neurobiologischen Studien relativ klein. Eine aktuelle Synopse von Arbeiten, die in höchst renommierten Fachzeitschriften wie beispielsweise *Neuron*, *Science* und *Nature* veröffentlicht sind, zeigt beispielsweise, dass die durchschnittliche Stichprobengröße in neurowissenschaftlichen Studien bei $N = 18$ liegt (Lieberman et al. 2009, S. 301). Darüber hinaus zeigt eine eigene Analyse aktueller neurowissenschaftlicher Studien, die in der IS-Literatur veröffentlicht sind, folgende Stichprobengrößen: $N = 6$ (Dimoka und Davis 2008, *ICIS*), $N = 15$ (Dimoka 2010, *MIS Quarterly*), $N = 18$ (Riedl et al. 2011, *ICIS*), $N = 20$ (Riedl et al. 2010a, *MIS Quarterly*) und $N = 24$ (Benbasat et al. 2010, *ICIS*). Basierend auf diesen Befunden kommen wir zu dem Schluss, dass die gegenständliche Stichprobengröße jenen ent-

spricht, die auch in anderen neurobiologischen Studien berichtet werden, und zwar sowohl in neurowissenschaftlichen Disziplinen (z. B. Neuropsychologie, Soziale Neurowissenschaften, Neuroökonomie) als auch in der IS-Forschung. Es ist bedeutsam zu erwähnen, dass eine Stichprobengröße von $N = 20$ sowie der Umstand, ausschließlich männliche Probanden zu untersuchen, typische Eigenschaften von Kortisolstudien sind (Nater et al. 2006; Takahashi et al. 2005). Schließlich wollen wir darauf hinweisen, dass die statistische Signifikanz beim Testen von Hypothesen als jene Wahrscheinlichkeit definiert ist, mit der H_0 abgelehnt wird, wenn sie falsch ist; bedeutsame Faktoren, welche die Signifikanz beeinflussen, sind Effektstärke *und* Stichprobengröße (Desmond und Glover 2002). Daraus folgt, dass ein statistisch signifikantes Ergebnis auf Basis einer kleinen Stichrobe eine ausgeprägte Effektstärke impliziert.

3.3 Experimenteller Ablauf und Datenanalyse

Nachdem ein Proband den Raum, indem das Experiment durchgeführt wurde, betrat, wurde er zuerst begrüßt. Unmittelbar danach wurde eine erste Speichelprobe genommen, um den Basiswert (Baseline) des Kortisols zu ermitteln. Da Kortisolwerte im Speichel in engem Zusammenhang mit Kortisolwerten im Blut und Gehirn stehen (z. B. $r > 0{,}90$ zwischen Speichel und Blut, Foley und Kirschbaum 2010), war es nicht notwendig, Blut- oder Rückenmarksflüssigkeitsproben zu entnehmen, um zuverlässige Kortisolwerte zu bestimmen. Kortisolproben wurden auf Basis von Salivette-(Sarstedt®)-Instrumenten entnommen. Dabei nahmen die Probanden einen Wattebausch in den Mund, den sie für rund 1,5 Minuten kauen mussten. Danach wurde der Wattebausch mit dem aufgenommenen Speichel in ein dafür vorgesehenes Röhrchen zurückgegeben und bei einer Temperatur von −20°C gelagert. Bis zum Zeitpunkt der biochemischen Auswertung in einem medizinischen Labor wurde diese Kühlung aufrecht erhalten.

Nachdem die erste Speichelprobe genommen war, wurde ein Proband bequem vor einen Computer gesetzt und der Experimentator erklärte die Aufgabe. Danach startete der Proband die Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe auf Basis der Liste mit den zwölf Produkten. In der Treatmentgruppe war ein

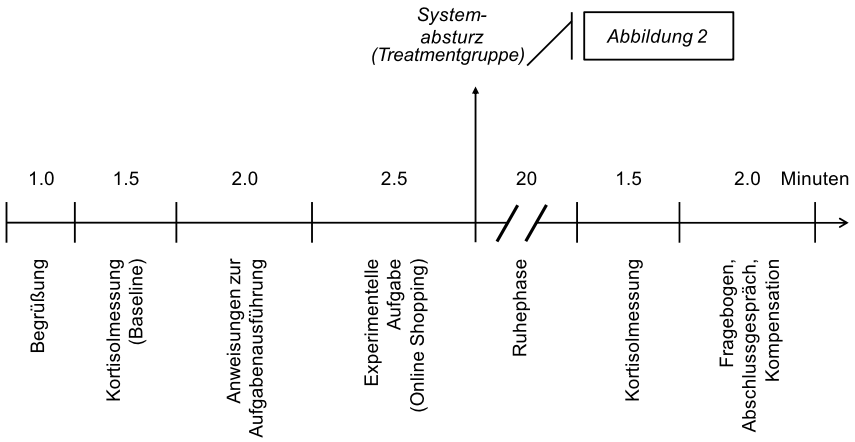

Abb. 3 Protokoll des Experiments

Systemabsturz in Form einer Fehlermeldung implementiert, der exakt 2,5 Minuten nach dem ersten Klick durch den Probanden im Onlineshop geschah (vgl. **Abb. 2**); in der Kontrollgruppe war kein Systemabsturz implementiert. Nach dem Systemabsturz kam der Experimentator in den Raum zurück und gab vor, dass ein ungeplantes technisches Problem aufgetreten sei und dass die Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe gestoppt werden müsste. In der Kontrollgruppe kam der Experimentator auch nach 2,5 Minuten nach dem Start der Aufgabe zurück. In diesem Fall wurde erklärt, dass der Benutzbarkeitstest gestoppt werden kann. Sowohl in der Treatmentgruppe als auch in der Kontrollgruppe blieb jeder Proband für weitere 20 Minuten im Raum, um danach eine weitere Speichelprobe abzunehmen; Befunde zeigen, dass Kortisolwerte in Abhängigkeit vom Stressor nach 10 bis 40 Minuten nach Auftritt eines Stressors ihren Maximalwert erreichen (Dickerson und Kemeny 2004; Takahashi 2005).

Nachdem die zweite Kortisolmessung abgeschlossen war, füllten die Probanden einen Fragebogen aus (mit Fragen zum Alter, der Internetnutzung, dem Rauchen, der Getränkekonsumation, der Einnahme von Medikamenten sowie dem Leiden an akuten oder chronischen hormonellen Fehlfunktionen sowie psychosomatischer oder psychiatrischer Erkrankungen). Danach fand ein Abschlussgespräch statt und es wurde die finanzielle Kompensation ausbezahlt und es erfolgte die Verabschiedung. **Abbildung 3** fasst das experimentelle Protokoll zusammen. Das gesamte Experiment dauerte für jeden Probanden in etwa 30 Minuten.

Die biochemischen Analysen wurden auf Basis eines Elektrochemilumineszenz-Immunoassays (ECLIA) mit hoher Sensitivität (untere Nachweisgrenze: 0,018 µg/dl) im medizinischen Labor eines österreichischen Krankenhauses durchgeführt, das Erfahrung mit Kortisolbestimmungen in der täglichen klinischen Routine hat. Die durchschnittlichen Intra- und Inter-Assay-Variationskoeffizienten sind 3,42 % und 6,90 % und diese bescheinigen eine gute Messqualität (Schultheiss und Stanton 2009). Alle statistischen Analysen wurden auf Basis von SPSS® durchgeführt.

4 Ergebnisse

Die Baseline-Kortisolwerte in der Kontroll- und Treatmentgruppe waren innerhalb des normalen Konzentrationsbereichs (Takahashi 2005). Besonders bedeutsam ist, dass zwischen den durchschnittlichen Baseline-Kortisolwerten der Kontrollgruppe ($M = 0{,}248$ µg/dl) und Treatmentgruppe ($M = 0{,}254$ µg/dl) kein signifikanter Unterschied bestand ($F(1, 19) = 0{,}61$, $p = 0{,}939$). Die Ergebnisse der Analysen sind in **Abb. 4** dargestellt.

Nach dem Systemabsturz stieg der Kortisolwert im Speichel in der Treatment-Gruppe signifikant an und er erreichte einen Durchschnittswert von $M = 0{,}353$ µg/dl. In der Kontrollgruppe, in der das System nicht abstürzte, konnten wir keinen derartigen Anstieg des durchschnittlichen Kortisolwertes feststellen ($M = 0{,}252$ µg/dl).

Um statistisch zu testen, ob ein Systemabsturz zu einem signifikanten Kortisolanstieg führt, berechneten wir die

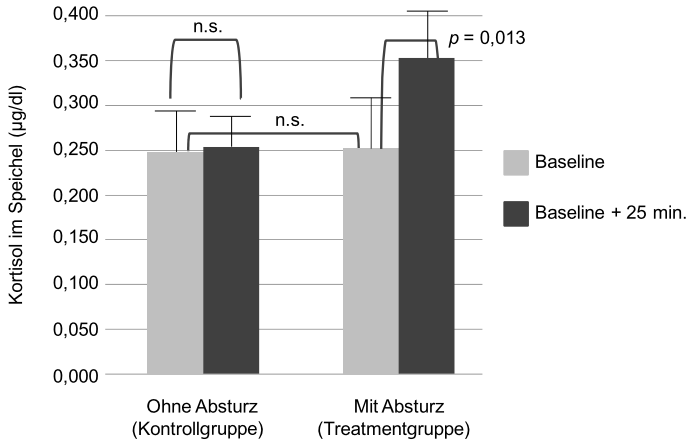

Abb. 4 Veränderung des Kortisols im Speichel nach einem Systemabsturz. *Anmerkungen*: Kortisol im Speichel ist in µg/dl angegeben. *Hellgraue Balken* geben die durchschnittlichen Baseline-Kortisolwerte an, *dunkelgraue Balken* die durchschnittlichen Kortisolwerte 25 Minuten nach der Baseline-Messung. In der Treatmentgruppe erfolgte die zweite Kortisolmessung 20 Minuten nach Auftritt des Stressors (also dem Systemabsturz). Die Baseline-Kortisolwerte in der Kontroll- und Treatmentgruppe sind nicht signifikant voneinander unterschiedlich (n.s., $p = 0{,}939$). Der Systemabsturz erhöhte das Kortisol in der Treatmentgruppe signifikant ($p = 0{,}013$), wohingegen der Anstieg in der Kontrollgruppe nicht signifikant ist (n.s., $p = 0{,}444$). *Die Fehlerbalken* geben den jeweiligen Standardfehler des Mittelwertes (SEM) an

Differenzen der Kortisolwerte zwischen der ersten und zweiten Messungen für die Kontroll- und Treatmentgruppe. Diese Differenz ist in der Treatmentgruppe ($\Delta = 0{,}099$) viel größer als in der Kontrollgruppe ($\Delta = 0{,}004$) (vgl. **Abb. 4**). Bedeutsam ist, dass der Kortisolanstieg in der Treatmentgruppe signifikant ist ($z = -2{,}497$, $p = 0{,}013$, Wilcoxon-Test), während der Anstieg in der Kontrollgruppe *nicht* signifikant ist ($z = -0{,}764$, $p = 0{,}444$, Wilcoxon-Test). Unsere Studie stützt daher die These, dass ein Systemabsturz in Form einer Fehlermeldung zu einer signifikanten Erhöhung von Kortisolwerten bei Benutzern führt.

Zudem berechneten wir eine ANOVA mit Messwiederholung mit dem Zeitpunkt der Messung (baseline, baseline +25 min.) als Within-Subjects-Faktor. Auch diese Ergebnisse bestätigen, dass ein Systemabsturz zu einem signifikanten Anstieg des Kortisolwertes im Speichel von Computerbenutzern führt. In der Treatmentgruppe zeigt sich ein signifikanter Unterschied (d. h., Anstieg) zwischen der ersten und zweiten Messung: $F(1, 19) = 13{,}642$, $p = 0{,}005$, $\eta^2[0, 1] = 0{,}603$; in der Kontrollgruppe zeigt sich *kein* signifikanter Unterschied: $F(1, 19) = 0{,}039$, $p = 0{,}848$, $\eta^2 = 0{,}004$.

5 Diskussion und zukünftige Forschung

Die gegenständliche Studie zeigt, dass ein Systemabsturz zu einem signifikanten Anstieg des menschlichen Stresshormons Kortisol führen kann. Um die Implikationen dieses Ergebnisses besser zu verstehen, ist es bedeutsam, das Ausmaß des Kortisolanstiegs dieser Untersuchung in einen breiteren Kontext zu stellen. Die Kenngröße der standardisierten Durchschnittsveränderung, d, kann herangezogen werden, um das Ausmaß der Differenz zwischen pre- und post-stressor Kortisolwerten (M) in Standardabweichungseinheiten (SD) anzugeben. Diese Kenngröße ist wie folgt definiert (Becker 1988; Dickerson und Kemeny 2004):

$$d = (M_{\text{poststressor}} - M_{\text{prestressor}}) / SD_{\text{prestressor}}. \quad (1)$$

Eine Metaanalyse (Dickerson und Kemeny 2004) integrierte die Befunde von 208 Laborstudien, die allesamt Wirkungen von akuten Stressoren (z. B. öffentliches Vortragen, Lösen kognitiver Aufgaben, Lärmbelastung) auf Kortisolwerte untersucht haben. Über die 208 Studien hinweg wurde ein durchschnittliches $d = 0{,}31$ berechnet und lediglich in 5 dieser Untersuchungen wird über ein $d > 2$ berichtet. Basierend auf unseren Daten und Formel (1) berechnen wir $d = 0{,}535$ $[(0{,}353 - 0{,}254)/0{,}185]$. Die vorliegende Studie zeigt daher, dass ein Systemabsturz auf Basis einer Fehlermeldung ein akuter Stressor ist, der zu ähnlich hohen Kortisolanstiegen führen kann wie Stressoren in nicht-computerbasierten sozialen Interaktionen wie dem öffentlichen Vortragen (z. B. Trier Social Stress Test). Dieser Befund ist von hoher theoretischer Relevanz, da nach unserem Kenntnisstand keine wissenschaftlichen Studien veröffentlicht sind, die untersucht haben, (i) ob ein akuter Stressor in der Mensch-Computer-Interaktion überhaupt zu Kortisolanstiegen führt und (ii) war bislang das Ausmaß eines solchen möglichen Kortisolanstiegs unbekannt. Die gegenständliche Untersuchung leistet daher einen wirksamen Beitrag zur Schließung einer signifikanten Forschungslücke.

Die Gesundheitsimplikationen von Stressoren, die mit IKT in Zusammenhang stehen, wurden bislang kaum erforscht, obwohl Technostressforscher bereits in den 1990er-Jahren auf die Problematik hingewiesen haben: „It is important to recognize that the seemingly tiny frustrations that people experience every day have a cumulative negative impact on psychological and physical health … Blood pressure rises, sleep is disrupted, and people slug down tablets“ (Weil und Rosen 1997, S. 5–6). Die wenigen Studien, die bislang durchgeführt wurden, zeigen signifikante Effekte, die IKT-Stressoren auf physiologische Parameter haben können (die wiederum die Gesundheit negativ beeinflussen können, Dickerson und Kemeny 2004), dies gilt sowohl für akute (Trimmel et al. 2003) als auch chronische (Korunka et al. 1996; Wastell und Newman 1996) Stressoren. In Anbetracht dieses Forschungsdefizits sowie der Erkenntnisse aus den wenigen vorliegenden Studien rufen wir dazu auf, die möglichen negativen Gesundheitseffekte von Technostress in künftigen Untersuchungen zu erforschen. Auf Basis einer Arbeit von Turner und Karasek (1984) argumentieren wir, dass es für die künftige IS-Forschung bedeutsam ist, Systemdesign, Leistung und Produktivität sowie die Gesundheit und das Wohlbefinden als zusammen hängende Faktoren zu betrachten. Insbesondere ist es unabdingbar, die Gesundheit und das Wohlbefinden als Mediatorvariable zwischen Systemdesign sowie Leistung und Produktivität zu erkennen (Wastell und Newman 1996). Daraus folgt, dass eine

Zusammenfassung / Abstract

René Riedl, Harald Kindermann, Andreas Auinger, Andrija Javor

Technostress aus einer neurobiologischen Perspektive

Systemabsturz führt bei Computerbenutzern zu einem Anstieg des Stresshormons Kortisol

Trotz des positiven Einflusses von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf einer Individual-, Organisations- und Gesellschaftsebene (z. B. verbesserter Zugang zu Informationen, erhöhte Effizienz und Produktivität) zeigen sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch Einzelberichte aus der Praxis, dass die Mensch-Computer-Interaktion zu beträchtlichen Stresswahrnehmungen bei Benutzern führen kann. Diese Art von Stress wird als Technostress bezeichnet. Eine Analyse der Fachliteratur zeigt, dass die meisten Studien bislang Fragebögen verwendet haben, um die Eigenschaften, Ursachen und Auswirkungen von Technostress zu untersuchen. Trotz des Erkenntniswerts dieser vielen Fragebogenstudien nehmen wir eine andere konzeptionelle Perspektive ein, nämlich jene der Neurobiologie. Wir berichten über ein Laborexperiment, indem wir die Auswirkungen eines Systemabsturzes auf die Veränderungen im Kortisolspiegel von Benutzern untersuchten – Kortisol ist ein bedeutendes Stresshormon im menschlichen Körper. Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass der Kortisolspiegel signifikant ansteigt, wenn ein System bei Ausführung einer Mensch-Computer-Interaktionsaufgabe abstürzt. Auf Basis dieses Ergebnisses ergeben sich bedeutende Implikationen für Forschung, Entwicklung und Management von IKT, und nicht zuletzt auch für die Gesundheitspolitik. Wir bestätigen den Erkenntniswert eines Forschungsansatzes, der bislang in IKT-Disziplinen weitgehend vernachlässigt wurde (insbesondere in der Wirtschaftsinformatik sowie in der Information-Systems-Disziplin (IS)). Wir argumentieren im Beitrag, dass die zukünftige Forschung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion die neurobiologische Perspektive als erkenntnisfördernden komplementären Ansatz zu den traditionellen Konzepten betrachten sollte.

Schlüsselwörter: Kortisol, Hormon, Hypothalamus-Hypophyse-Nebennieren-Achse, Neurobiologie, NeuroIS, Stressor, Systemabsturz, Technostress

Technostress from a Neurobiological Perspective

System Breakdown Increases the Stress Hormone Cortisol in Computer Users

Despite the positive impact of information and communication technology (ICT) on an individual, organizational, and societal level (e.g., increased access to information, as well as enhanced performance and productivity), both scientific research and anecdotal evidence indicate that human-machine interaction, both in a private and organizational context, may lead to notable stress perceptions in users. This type of stress is referred to as technostress. A review of the literature shows that most studies used questionnaires to investigate the nature, antecedents, and consequences of technostress. Despite the value of the vast amount of questionnaire-based technostress research, we draw upon a different conceptual perspective, namely neurobiology. Specifically, we report on a laboratory experiment in which we investigated the effects of system breakdown on changes in users' levels of cortisol, which is a major stress hormone in humans. The results of our study show that cortisol levels increase significantly as a consequence of system breakdown in a human-computer interaction task. In demonstrating this effect, our study has major implications for ICT research, development, management, and health policy. We confirm the value of a category of research heretofore largely neglected in ICT-related disciplines (particularly in business and information systems engineering, BISE, as well as information systems research, ISR), and argue that future research investigating human-machine interactions should consider the neurobiological perspective as a valuable complement to traditional concepts.

Keywords: Cortisol, Hormone, Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) axis, Neurobiology, NeuroIS, Stressor, System breakdown, Technostress

Nichtberücksichtigung der neurobiologischen Perspektive sowie ihres Einflusses auf die Gesundheit und das Wohlbefinden bestenfalls eine begrenzte Perspektive auf die Interaktion von Mensch und Computer zulässt.

Kulturelle Hintergründe von Benutzern können den Einfluss von Technostress auf bedeutsame abhängige Variablen verändern. Eine Studie (Tu et al. 2005) auf Basis von Daten aus China hat beispielsweise gezeigt, dass Technostress keinen signifikanten Einfluss auf die Mitarbeiterproduktivität hat, während Studien auf Basis nordamerikanischer Populationen negative Leistungseffekte belegen (z. B. Tarafdar et al. 2010). In Anbetracht dieser Ergebnisse könnten zukünftige Studien darauf abzielen, herauszufinden, ob akute und chronische IKT-Stressoren bei Benutzern aus unterschiedlichen Kulturkreisen zu unterschiedlichen biologischen Stressreaktionen (z. B. erhöhte Kortisolwerte) führen. Sollte dies bestätigt werden können, so würde sich der biologische Ansatz als starker Prädiktor von Effekten der Systemnutzung, insbesondere von Gesundheitszuständen, herausstellen. Dies würde den biologischen Ansatz zu einer wichtigen Ergänzung der oftmals auf Fragebögen beruhenden IKT-Forschung machen (z. B. Dimoka et al. 2012; Loos et al. 2010; Riedl et al. 2010b).

Angesichts der negativen Konsequenzen von Technostress für das Wohlbefinden und die Gesundheit stellt sich die Frage nach wirksamen Strategien zur Bewältigung dieser Stressform. Im Wesentlichen gibt es bei abstrakter Betrachtung zwei Bewältigungsstrategien: problembezogene oder emotionsbezogene (z. B. Lazarus und Folkman 1984). Die erste Strategie zielt darauf ab, das Verhältnis zwischen Person und Umwelt zu verändern, beispielsweise durch eine Erhöhung des Wissensstands zum Umgang mit Computern, eine Maßnahme, welche die Kontrollierbarkeit möglicher IKT-Probleme verbessert. Die zweite Strategie versucht, negatives Befinden in einer Stresssituation zu vermindern, indem die Beurteilung der Situation verändert wird, beispielsweise durch das gedankliche Abschwächen möglicher negativer Effekte, die ein IKT-Problem auf die Erreichung eines Ziels haben kann (Hudiburg und Necessary 1996). Unabhängig von der von einem Benutzer gewählten Bewältigungsstrategie ist es lohnend, die Wirkungen verschiedener Strategien auf Veränderungen bei Stresshormonwerten zu untersuchen.

Sowohl die problem- als auch die emotionsbezogenen Bewältigungsstrategien basieren auf proaktivem Verhalten von Benutzern (z. B. der Besuch eines Kurses zur Erhöhung des Wissensstandes im Umgang mit Computern) sowie *bewussten* Gedanken (z. B. das Abschwächen von negativen Effekten von IKT-Problemen). Trotz des praktischen Nutzens dieser beiden Bewältigungsstrategien gewinnen innovative Ingenieursinitiativen zunehmend an Bedeutung, in deren Mittelpunkt die Entwicklung von Systemen steht, welche die *unbewussten* Stresszustände von Benutzern automatisch erkennen, um darauf aufbauend die Interaktion mit dem System zu verbessern.

Solche Systeme verwenden die biologischen Stresszustände eines Benutzers als Echtzeitinformation, um Benutzungsoberflächen dynamisch so anzupassen, dass Stresswahrnehmungen reduziert werden. Basierend auf einfach messbaren Biosignalen wie beispielsweise der Pupillendilation und der Hautleitfähigkeit könnten Systeme hohe Stresswerte erkennen (z. B. aufgrund von Informationsüberflutung) und diese Informationen könnten dazu verwendet werden, um die Benutzungsoberfläche dynamisch anzupassen (z. B. könnte die Informationsmenge am Bildschirm reduziert und/oder das Informationspräsentationsformat verändert werden). Systemprototypen, die biologische Stresszustände als Echtzeitinformation verwenden (z. B. Pupillen erweitern sich und die Hautleitfähigkeit steigt in Stresssituationen), gibt es bereits in der wissenschaftlichen Forschung (Gao et al. 2007; Zhai et al. 2005) sowie in der Praxis (http://www.mirrorofemotions.com/). Solche Echtzeitinformationen machen es möglich, dass Systeme den emotionalen Zustand eines Benutzers (er)kennen; diese Form des so genannten Affective Computing kann zu einer bedeutungsvolleren, natürlicheren und/oder produktiveren Mensch-Maschine-Interaktion führen (Byrne und Parasuraman 1996; Loos et al. 2010; Parasuraman und Rizzo 2008; Picard 1997, 2003). Ironischerweise könnten also zukünftige Technologien so „intelligent" sein, und zwar basierend auf biologischen Zuständen von Benutzern, dass sie automatisch die Stresswahrnehmungen reduzieren, für die sie kausal verantwortlich sind.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Teilnehmern des Gmunden Retreat on NeuroIS 2011 (http://www.NeuroIS.org) für ihre nützlichen Kommentare zu einer früheren Version dieses Manuskripts. Darüber hinaus schätzen wir die Unterstützung durch das Auslandsbüro der Universität Linz, das eine Präsentation zum gegenständlichen Forschungsprojekt von René Riedl an der HEC Montréal gefördert hat. Weiter bedanken wir uns bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern des Department of Information Technologies an der HEC Montréal, die Vorschläge unterbreitet haben, die zur Verbesserung des Artikels beigetragen haben. Schließlich wollen wir uns beim verantwortlichen Herausgeber, Armin Heinzl, sowie drei anonymen Gutachtern für ihre exzellenten Kommentare bedanken, die Möglichkeiten zur Verbesserung des Manuskripts aufgezeigt haben.

Literatur

Ayyagari R, Grover V, Purvis R (2011) Technostress: technological antecedents and implications. MIS Quarterly 35(4):831–858

Becker BJ (1988) Synthesizing standardized mean-change measures. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology 41(2):257–278

Benbasat I, Dimoka A, Pavlou PA, Qiu L (2010) Incorporating social presence in the design of the anthropomorphic interface of recommendation agents: insights from an fMRI study. In: Proc 31st international conference on information systems, St. Louis, S 1–22

Boucsein W (2009) Forty years of research on system response times – what did we learn from it. In: Schlick CM (Hrsg) Methods and tools of industrial engineering and ergonomics. Springer, Berlin, S 575–593

Brillhart PE (2004) Technostress in the workplace: managing stress in the electronic workplace. Journal of American Academy of Business 5(1):302–307

Brod C (1984) Technostress: The human cost of the computer revolution. Addison-Wesley, Reading

Brynjolfsson E (1996) The contribution of information technology to consumer welfare. Information Systems Research 7(3):281–300

Brynjolfsson E, Hitt LM (2000) Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance. Journal of Economic Perspectives 14(4):23–48

Byrne EA, Parasuraman R (1996) Psychophysiology and adaptive automation. Biological Psychology 42(3):249–268

Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R (1983) A global measure of perceived stress. Journal of Health and Social Behavior 24(4):385–396

Day A, Scott N, Kelloway EK (2010) Information and communication technology: implications for job stress and employee well-being. In: Perrewé P, Ganster D (Hrsg) Research in occupational stress and well being, Bd 8, S 317–350

De Kloet RE, Joels M, Holsboer F (2005) Stress and the brain: from adaptation to disease. Nature Reviews Neuroscience 6(6):463–475

Desmond JE, Glover GH (2002) Estimating sample size in functional MRI (fMRI) neuroimaging studies: statistical power analyses. Journal of Neuroscience Methods 118(2):115–128

Dickerson SS, Kemeny ME (2004) Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. Psychological Bulletin 130(3):355–391

Dimoka A (2010) What does the brain tell us about trust and distrust? Evidence from a functional neuroimaging study. MIS Quarterly 34(2):373–396

Dimoka A, Banker RD, Benbasat I, Davis FD, Dennis AR, Gefen D, Gupta A, Ischebeck A, Kenning P, Müller-Putz G, Pavlou PA, Riedl R, vom Brocke J, Weber B (2012) On the use of neurophysiological tools in IS research: developing a research agenda for NeuroIS. MIS Quarterly, in press. http://www.misq.org/forthcoming/

Dimoka A, Davis FD (2008) Where does TAM reside in the brain? The neural mechanisms underlying technology adoption. In: Proc 29th international conference on information systems, Paris, S 1–18

Foley P, Kirschbaum C (2010) Human hypothalamus-pituitary-adrenal axis responses to acute psychosocial stress in laboratory settings. Neuroscience and Biobehavioral Reviews 35(1):91–96

Gao Y, Barreto A, Zhai J, Rishe N (2007) Digital filtering of pupil diameter variations for the detection of stress in computer users. In: Proc 11th world multi-conference on systemics, cybernetics and informatics, Orlando, S 30–35

Gartner Group (2008) Gartner says more than 1 billion PCs in use worldwide and headed to 2 billion units by 2014. http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=703807. Abruf am 2011-04-21

Hancock PA, Szalma JL (2008) Stress and neuroergonomics. In: Parasuraman R, Rizzo M (Hrsg) Neuroergonomics: the brain at work. Oxford University, New York, S 195–206

Het S, Ramlow G, Wolf OT (2005) A meta-analytic review of the effects of acute cortisol administration on human memory. Psychoneuroendocrinology 30(8):771–784

Hudiburg RA (1989) Psychology of computer user: XVII. The computer technology hassles scale: revision, reliability, and some correlates. Psychological Reports 65(3):1387–1394

Hudiburg RA (1995) Psychology of computer user: XXXIV. The computer technology hassles scale: subscales, norms, and reliability. Psychological Reports 77(3):779–782

Hudiburg RA, Necessary JR (1996) Coping with computer-stress. Journal of Educational Computing Research 15(2):113–124

Hung WH, Chang LM, Lin CH (2011) Managing the risk of overusing mobile phones in the working environment: a study of ubiquitous technostress. In: Proc 15th pacific Asia conference on information systems, Brisbane, S 1–12

Huston TL, Galletta DF, Huston JL (1993) The effects of computer monitoring on employee performance and stress: results of two experimental studies. In: Proc 26th annual Hawaii international conference on systems sciences, Maui, Hawaii, S 568–574

Internet World Stats (2010) Internet usage statistics: the Internet big picture. http://www.internetworldstats.com/stats.htm. Abruf am 2011-04-21
Keeney RL (1999) The value of Internet commerce to the customer. Management Science 45(4):533–542
Kolb B, Whishaw IQ (2009) Fundamentals of human neuropsychology, 6. Aufl. Worth, New York
Korunka C, Huemer KH, Litschauer B, Karetta B, Kafka-Lützow A (1996) Working with new technologies: hormone excretion as an indicator for sustained arousal: a pilot study. Biological Psychology 42(3):439–452
Lazarus RS (1993) From psychological stress to the emotions: a history of changing outlooks. Annual Review of Psychology 44(1):1–21
Lazarus RS, Folkman S (1984) Stress, appraisal, and coping. Springer, New York
Lieberman MD, Berkman ET, Wager TD (2009) Correlations in social neuroscience aren't voodoo. Perspectives on Psychological Science 4(3):299–307
Loos P, Riedl R, Müller-Putz GR, vom Brocke J, Davis FD, Banker RD, Léger PM (2010) NeuroIS: neuroscientific approaches in the investigation and development of information systems. Business & Information Systems Engineering 2(6):395–401
McEwen BS (2006) Protective and damaging effects of stress mediators: central role of the brain. Dialogues in Clinical Neuroscience 8(4):367–381
Melamed S, Ugarten U, Shirom A, Kahana L, Lerman Y, Froom P (1999) Chronic burnout, somatic arousal and elevated salivary cortisol levels. Journal of Psychosomatic Research 46(6):591–598
Nater UM, Okere U, Stallkamp R, Moor C, Ehlert U, Kliegel M (2006) Psychosocial stress enhances time-based prospective memory in healthy young men. Neurobiology of Learning and Memory 86(3):344–348
Parasuraman R, Rizzo M (2008) Neuroergonomics: the brain at work. Oxford University, New York
Picard RW (1997) Affective computing. MIT, Cambridge
Picard RW (2003) Affective computing: challenges. International Journal of Human-Computer Studies 59(1–2):55–64
Ragu-Nathan TS, Tarafdar M, Ragu-Nathan BS, Tu Q (2008) The consequences of technostress for end users in organizations: conceptual development and empirical validation. Information Systems Research 19(4):417–433
Reuter M (2002) Impact of cortisol on emotions under stress and nonstress conditions: a pharmacopsychological approach. Neuropsychobiology 46(1):41–48
Riedl R, Hubert M, Kenning P (2010a) Are there neural gender differences in online trust? An fMRI study on the perceived trustworthiness of eBay offers. MIS Quarterly 34(2):397–428
Riedl R, Banker RD, Benbasat I, Davis FD, Dennis AR, Dimoka A, Gefen D, Gupta A, Ischebeck A, Kenning P, Müller-Putz G, Pavlou PA, Straub DW, vom Brocke J, Weber B (2010b) On the foundations of NeuroIS: reflections on the Gmunden Retreat 2009. Communications of the AIS 27(1):243–264
Riedl R, Mohr P, Kenning P, Davis FD, Heekeren H (2011) Trusting humans and avatars: behavioral and neural evidence. In: Proc 32nd international conference on information systems, Shanghai, S 1–23
Schultheiss OC, Stanton SJ (2009) Assessment of salivary hormones. In: Harmon-Jones E, Beer JS (Hrsg) Methods in social neuroscience, Guilford, New York, S 17–44
Selye H (1946) The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 6(2):117–230
Society for Neuroscience (2008) Brain facts: a primer on the brain and nervous system. http://www.sfn.org/skins/main/pdf/brainfacts/2008/brain_facts.pdf. Abruf am 2011-02-21
Takahashi T (2005) Social memory, social stress, and economic behaviors. Brain Research Bulletin 67(5):398–402
Takahashi T, Ikeda K, Ishikawa M, Kitamura N, Tsukasaki T, Nakama D, Kameda T (2005) Anxiety, reactivity, and social stress-induced cortisol elevations in humans. Neuroendocrinology Letters 26(4):351–354
Tarafdar M, Tu Q, Ragu-Nathan BS, Ragu-Nathan TS (2007) The impact of technostress on role stress and productivity. Journal of Management Information Systems 24(1):301–328
Tarafdar M, Tu Q, Ragu-Nathan TS (2010) Impact of technostress on end-user satisfaction and performance. Journal of Management Information Systems 27(3):303–334
Tarafdar M, Pullins E, Ragu-Nathan TS (2011a) Examining impacts of technostress on the professional salesperson's performance. In: Proc 17th Americas conference on information systems, Detroit, S 1–13
Tarafdar M, Tu Q, Ragu-Nathan TS, Ragu-Nathan BS (2011b) Crossing to the dark side: examining creators, outcomes, and inhibitors of technostress. Communications of the ACM 54(9):113–120
Trimmel M, Meixner-Pendleton M, Haring S (2003) Stress response caused by system response time when searching for information on the Internet. Human Factors 45(4):615–621
Tsigos C, Chrousos GP (2002) Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. Journal of Psychosomatic Research 53(4):865–871
Tu Q, Wang K, Shu Q (2005) Computer-related technostress in China. Communications of the ACM 48(4):77–81
Turner JA, Karasek RA (1984) Software ergonomics: effects of computer application design parameters on operator task performance and health. Ergonomics 27(6):663–690
Van Eck M, Berkhof H, Nicolson N, Sulon J (1996) The effects of perceived stress, traits, mood states, and stressful daily events on salivary cortisol. Psychosomatic Medicine 58(5):447–458
Vedhara K, Hyde J, Gilchrist ID, Tytherleigh M, Plummer S (2000) Acute stress, memory, attention and cortisol. Psychoneuroendocrinology 25(6):535–549
Vedhara K, Miles J, Bennett P, Plummer S, Tallon D, Brooks E, Gale L, Munnoch K, Schreiber-Kounine C, Fowler C, Lightman S, Sammon A, Rayter Z, Farndon J (2003) An investigation into the relationship between salivary cortisol, stress, anxiety and depression. Biological Psychology 62(2):89–96
Walker BR (2007) Glucocorticoids and cardiovascular disease. European Journal of Endocrinology 157(5):545–559
Wang K, Shu Q, Tu Q (2008) Technostress under different organizational environments: an empirical investigation. Computers in Human Behavior 24(6):3002–3013
Wastell DG, Newman M (1996) Stress, control and computer system design: a psychophysiological field study. Behaviour & Information Technology 15(3):183–192
Weil MM, Rosen LD (1997) Technostress: coping with technology @work @home @play. Wiley, New York
Zhai J, Barreto A, Chin C, Li C (2005) User stress detection in human-computer interactions. Biomedical Sciences Instrumentation 41(2):277–286