

Strasser, Helmut; Ferreira, Yvonne

Article — Published Version

Kompatibilität

Zeitschrift für Arbeitswissenschaft

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Strasser, Helmut; Ferreira, Yvonne (2022) : Kompatibilität, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, ISSN 2366-4681, Springer, Berlin, Heidelberg, Vol. 76, Iss. 3, pp. 239-242, <https://doi.org/10.1007/s41449-022-00306-w>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/307391>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Kompatibilität

Helmut Strasser¹ · Yvonne Ferreira²

Angenommen: 18. Februar 2022 / Online publiziert: 16. März 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Nach Einreichung eines umfangreichen Manuskriptes (in Englisch) mit dem Titel „*Compatibility as guiding principle for ergonomics work design and preventive occupational health and safety*“ befanden Schriftleitung und Herausgeber der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, dass das in letzter Zeit etwas in Vergessenheit geratene, für menschengerechte Arbeitsgestaltung aber außerordentlich wichtige Thema „Kompatibilität“ in einem Sonderheft vertieft behandelt werden sollte. Deshalb wurden die Autoren des EDITORIALS beauftragt, sich um weitere Beiträge zu bemühen. Ferner erfolgte auch über die Geschäftsstelle der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) ein Aufruf zur Einreichung von Manuskripten. Die Bemühungen darum waren sehr erfolgreich, denn neben dem Leitartikel sind neun weitere Beiträge dazu eingegangen, in denen aus verschiedenen Perspektiven disziplin-übergreifend aus arbeitswissenschaftlicher Sicht Stellung zu diesem bedeutenden Thema bezogen wird.

Im Leitartikel wird von **Helmut Strasser** nach einführenden Bemerkungen zu Standards und Regeln sowie zur Kompatibilität in der Technik in einer system-ergonomischen Betrachtung herausgestellt, dass „*Reiz-Reiz-*“ und „*Reaktions-Reaktions-Kompatibilität*“ in der sensorischen und motorischen Nahtstelle in Mensch-Maschine-Systemen sowie „*Reiz-Reaktions-Kompatibilität*“ zwischen dem sensorischem Input und dem motorischen Output des Regelkreises „Arbeit“ erforderlich ist, um optimale Leistung eines Arbeitssystems zu erzielen. Danach wird eine Reihe von entsprechenden Gestaltungsbeispielen (vornehmlich

in graphischen Darstellungen) präsentiert. Die jeweils mit arbeitsphysiologischen Messmethoden evaluierten handgeführten Arbeitsmittel, aber auch zur Anatomie des Hand-Arm-Systems kompatiblen bewegungstechnischen Vorgaben für ganze Arbeitssysteme werden in den jeweiligen Kapiteln auszugsweise dargestellt. In der Regel kann mit mehrkanaligen elektromyographischen Untersuchungen evidenz-basiert belegt werden, dass Gestaltungsvarianten, die sich an den physiologischen Eigengesetzlichkeiten des Menschen orientieren, im Vergleich zu konventionellen Arbeitsmitteln zu substantiell weniger „*physiologischen Kosten*“ führen, die von den in die Arbeit involvierten Muskeln zu bezahlen sind. Kompatibilität lässt manchmal sogar eine Reduzierung der Prävalenz von Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Erkrankungen und ein Mehr an Leistung erwarten, so dass es zu einer „*Harmonisierung von Humanaspekten mit Wirtschaftlichkeitsaspekten*“ kommen kann. Weiterhin werden wichtige Beispiele für die optimale Informationsübermittlung nach dem Prinzip der Reiz-Reiz-Kompatibilität aufgezeigt. Schließlich wird auch beispielhaft auf die Anordnung von Bedienelementen und Anzeigen nach dem Prinzip der Reiz-Reaktions-Kompatibilität und auf die Auslegung von Stellteilen und Bedienelementen im zwei- und dreidimensionalen Raum nach der Reaktions-Reaktions-Kompatibilität eingegangen. Im abschließenden Kapitel geht es um Kompatibilität auf dem Gebiet der Software-Ergonomie als Mittel zur Reduzierung von Frustration und psychischem Stress.

Danach befasst sich der derzeitige Präsident der GfA, Kollege **Oliver Sträter**, in seinem Beitrag mit dem Titel „*Bedeutung der Kompatibilität für eine sichere und belastungsfreie Arbeitsgestaltung – Aktuelle Relevanz des Konstruktes am Beispiel moderner Arbeitsgestaltung*“ aus arbeitspsychologischer Sicht vor allem mit der besonderen Wichtigkeit dieses Themas bei der Auslegung von digitalen Systemen oder Arbeitsprozessen. Anhand von mehreren empirischen Studien (z. B. aus der Montage, dem Flugbereich, dem Einsatz digitaler Informationssysteme in der Aus- und Weiterbildung und der Gestaltung multi-modaler Schnittstellen) wird überzeugend belegt, dass Kompatibi-

✉ Univ.-Prof. (i.R.) Dr.-Ing. habil. Helmut Strasser
h.strasser@aws.mb.uni-siegen.de

Prof. PD Dr. habil. Yvonne Ferreira
zfa-redaktion-redaktion@zfa-online.de

¹ Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9–11, 57068 Siegen, Deutschland

² Redaktion Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Institut für Wirtschaftspsychologie, FOM – Fachhochschule für Oekonomie und Management, Franklinstraße 52, 60486 Frankfurt am Main, Deutschland

lität eng mit der Physiologie der Informationsverarbeitung zusammenhängt, und pro-aktive Gestaltungsansätze letztlich nur bei Berücksichtigung von detaillierten Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen zur Reduktion kognitiver Belastung in Arbeitssystemen führen. Zuvor werden auch diverse Aspekte aus system-ergonomischer Sicht erörtert, wie primäre interne und externe oder sekundäre, sowie zeitliche und räumliche Kompatibilität.

Die Autoren **Dominic Bläsing, Manfred Bornewasser und Sven Hinrichsen** des in Englisch verfassten Beitrags „*Cognitive compatibility in modern manual-mixed assembly systems*“ zeigen am Beispiel der variantenreichen manuellen Montage überzeugend den Einsatz von informatorischen Assistenzsystemen auf. Sie befassen sich ausführlich mit „*Kognitiver Kompatibilität*“, die über die eingangs im Leitartikel dargestellten „klassischen“ Aspekte der Reiz-Reiz-, Reaktions-Reaktions- und Reiz-Reaktions-Kompatibilität hinausgehen. Dazu wird erst einmal theoretisch eine „Brücke“ gebaut zwischen der Informationsaufnahme, der Informationsverarbeitung und der motorischen Antwort. In einzelnen Kapiteln geht es dann um „*Cognitive compatibility as a fit between informational input, information processing and motoric output*“, „*Operationalization and measurement of cognitive compatibility*“ und um „*Approaches to avoiding incompatibility in assembly*“. Eigene Untersuchungen sind dabei als Fallstudien eingeflossen. Der Beitrag weist eine erfreulich umfangreiche Literaturliste auf, wobei einschlägige neueste Veröffentlichungen zitiert werden.

Der Beitrag von **Nils Darwin Abele und Karsten Kluth** mit dem Titel „*Interaktions-ergonomische Gestaltung und Kompatibilität von AR-unterstützten Informationsdarstellungen am Beispiel eines Head-Mounted Displays für industrielle Rüstvorgänge*“ weist starke und vielfältige Bezüge zum Thema des Sonderheftes auf. Nach allgemeinen Bemerkungen zur „Technologie-Entwicklung im Produktionsprozess“ und der Darstellung „Interaktions-ergonomischer Gestaltungsanforderungen und Kompatibilität“ wird in den folgenden Kapiteln der Designprozess selbst und die hardware- sowie software-ergonomische Gestaltung am komplexen Fallbeispiel einer prototypischen Rüstapplikation beschrieben und visualisiert, ehe in den Kapiteln „Diskussion“ und „Ausblick“ noch einmal eine abschließende und intensive arbeitswissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema erfolgt. Die präsentierten Ergebnisse sind insofern für die Praxis sehr wichtig, weil die vorgestellte Systematik bei industriellen Rüstvorgängen die Arbeitspersonen effizient unterstützt und mit Hilfe weiterer Optimierungsmöglichkeiten ein prozess-sicherer, wertschöpfender und schließlich auch beanspruchungsmindernder Einsatz von Augmented Reality (AR)-Systemen erreicht werden kann.

Marion Kiessling, die Autorin des Beitrags „*Kompatibilität aus der Perspektive des Designs*“ stellt sich u. a. die Frage, was gute Kommunikation innerhalb des Mensch-Maschine-Systems ausmacht, was Designer meinen, wenn sie von der Funktion eines Produktes sprechen, wie sich die Passgenauigkeit als Maß der Kompatibilität darstellt, und wie Erkenntnisse aus der Gestaltpsychologie und der Wahrnehmungspsychologie umgesetzt werden.

Ästhetik darf aus ihrer Sicht keine oberflächliche Dreingabe sein, die Designer einem technischen Produkt aufsetzen, sondern muss fundamentale Bedürfnisse des Menschen berühren. Derart gestaltete Produkte funktionieren dann „schön“, haben über die praktische Funktion hinaus auch einen emotionalen Mehrwert (Joy of Use) und weisen eine, um die ästhetischen Aspekte erweiterte Kompatibilität auf. Die sowohl ergonomisch als auch auf dem Gebiet des Designs kompetente Autorin wirft auch einen ganzheitlichen Blick auf die Begriffe „*Kontingenz*“ und „*Konsistenz*“, wobei es um konzeptionelle und kulturelle Besonderheiten, sowie um Kompatibilität der eingesetzten Modalitäten geht. Es sei vielleicht auch der Hinweis erlaubt, dass Frau Kiessling ebenso wie Ralph Bruder (ein weiterer Autor eines Beitrags zu diesem Themenheft) zu den wenigen Fachvertretern gehört, für die „Ergonomie“ und „Design“ keine „feindlichen Brüder“ sind.

Bernd Hartmann, ein „Brückenbauer“ zwischen Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft/Ergonomie sowie den gewerblichen Berufsgenossenschaften und der DGUV, der stets stark involviert war in die Entwicklung und Anwendung praktischer Verfahren arbeitsmedizinischer Diagnostik und Vorsorge, von Gefährdungsbeurteilungen und Präventionsmaßnahmen am Arbeitsplatz, setzt sich mit dem Thema „*Kompatibilität und Belastungs-Beanspruchungs-Konzept aus der Sicht der Arbeitsmedizin*“ auseinander. Für ihn sind – im Bestreben um Kompatibilität als die möglichst weitgehende Übereinstimmung zwischen menschlichen Eigenschaften und Arbeitsanforderungen an den Menschen – optimale Arbeitsbedingungen nicht mehr allein durch die Begrenzung der Maximalbelastungen zu erreichen, sondern auch durch die Anreicherung der Arbeit mit einem Mindestmaß an Belastung. Er schlägt u. a. einen interdisziplinären Prüfalgorithmus der Kompatibilität vor, der sich auf physische und psychische Belastungen richtet, wobei deren Optimierung Vorteile im Sinne der Stabilisierung und Förderung der Gesundheit bei möglichst hoher Arbeitsleistung bringt.

Der Beitrag von **Lisa Rücker, Johannes Brombach und Klaus Bengler** mit dem Titel „*Experimental study of standing and walking at work – What is compatible with physiological characteristics and human needs?*“ zeigt am Beispiel von experimentellen Untersuchungen, dass zur Entlastung bei Steharbeiten „reale“ Gehbewegungen in den Arbeitsablauf integriert werden müssen. D. h. es

müssen richtige Schritte und nicht lediglich kleine Steps bzw. „schlurfende“ Schritte zu Seite gemacht werden, und es muss die Beinmuskulatur dynamisch aktiviert werden. Mit peripher-physiologischen Methoden, wie z. B. der Mehrkanal-Elektromyographie (mit Aufspaltung der Elektromyographischen Aktivität in statische und dynamische Komponenten der Muskelbeanspruchung), mit plethysmographischen Verfahren und strukturierten Befragungen konnte experimentell belegt werden, dass durch getaktete Steh- und Gehphasen Kompatibilität mit physiologischen Eigengesetzlichkeiten und menschlichen Bedürfnissen erzielt werden kann.

Andreas Lars Müller und Bettina Abendroth befassen sich mit *„Übernahmeaufforderungen beim hochautomatisierten Fahren mit fahrfremden Tätigkeiten – welche Modalitäten sind geeignet?“*.

Autonomes Fahren ist inzwischen zwar „in aller Munde“, doch hochautomatisiertes Fahren wird wohl noch für längere Zeit beschränkt darauf sein, dass sich der Fahrer lediglich für eine gewisse Zeit vom aktiven Fahren abwenden kann. Er wird weiterhin verpflichtet sein, die Fahrzeugkontrolle nach einer sog. Übernahmeaufforderung (einem Take-Over-Request, einem TOR) zu übernehmen. Neben der Wahrnehmbarkeit ist bei der Gestaltung des Mensch-Maschine-Systems die Reiz-Reaktions-Kompatibilität zu gewährleisten, um den Umkodier-Aufwand in der Informationsverarbeitung zu reduzieren und mentale Kapazitäten zu entlasten. In umfangreichen experimentellen Studien wurde z. B. die Effizienz einer visuellen, einer vibro-taktilen und einer multi-modalen Übernahmeaufforderung (einer Kombination aus einem visuellen, einem vibro-taktilen und einem akustischen TOR) untersucht. In allen Szenarien traten die längsten Reaktionszeiten bei der visuellen, und die kürzesten bei der multi-modalen Informationsübermittlung auf. Die subjektiven Bewertungen der TOR-Varianten untermauerten die Ergebnisse der objektiv festgestellten Reaktionszeiten.

Marianela Diaz Meyer, Susanne Salata und Ralph Bruder liefern einen Beitrag mit dem Thema *„Stifthaltungsvarianten für flexible Produktgestaltung: Häufigkeitsverteilung der Stifthaltung bei Erstklässlern in Deutschland“*.

Dabei geht es um Schreibgeräte, die aus ergonomischer Sicht im Querschnitt möglichst einen verrundeten Dreikant haben sollten, um kompatibel zu einem dynamischen Dreifinger-Zufassungsgriff zu sein.

Der Artikel befasst sich – wie es der Titel erwarten lässt – vor allem mit der Auswertung einer experimentellen Studie (Fotos während des Schreibens und kinematischen Daten) zur Häufigkeitsverteilung der Stifthaltung bei Kindern (Dreipunktgriff, Vierpunktgriff, seitlicher Dreipunkt- und Vierpunktgriff), in der jedoch meist zum dynamischen Dreifinger-Zufassungsgriff kompatible Dreikant-Stifte ver-

wendet wurden. Diese sollten eine hohe Nutzerqualität, d. h. ermüdungsfreie Schreibbewegungen und eine gute schreibmotorische Leistung erwarten lassen. In zitierten internationalen Studien, auf die in der Diskussion kurz eingegangen wird, wurden jedoch auch eigentlich ergonomisch nicht sinnvolle (quadratische, elliptische, sechseckige, achteckige oder kreisförmige) Stiftformen verwendet. Die Auswirkungen diverser Stiftformen auf die muskuläre Beanspruchung (mit Hilfe elektromyographischer Studien) und auf die Druckverteilung an den Fingern, sowie auf die Schreibleistung sind nach Meinung der Autorenschaft bislang wenig empirisch erforscht.

Die Ergonomie hat sich, im Bemühen um menschengerechte Arbeitsgestaltung und präventiven Arbeitsschutz, grundsätzlich nicht nur mit der Analyse, Beurteilung und Gestaltung der Arbeitsbedingungen zu befassen, als da sind Arbeitsplätze mit Arbeitsmitteln und Arbeitsabläufe (d. h. die Arbeitsorganisation mit Arbeitsinhalt und Arbeitszeit). Auch die Arbeitsumgebungsbedingungen (d. h. Licht und Farbe am Arbeitsplatz, Klima, toxische Stoffe sowie Lärm und mechanische Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen) sind relevant. Wenn man sich bei ihrer Messung, Bewertung und vor allem Beurteilung an der gängigen Dosis-Maxime bzw. an der Energieäquivalenz orientiert, wie das leider bei akustischen Belastungen der Fall ist, kann das äußerst problematisch sein.

Angesichts der nach wie vor sehr hohen Zahlen der Berufskrankheit „Lärmschwerhörigkeit“ spielen die akustischen Belastungen eine besondere Rolle. Im Hinblick auf präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutz müssen vor allem die gängigen Maßsysteme sowie die messbaren Beanspruchungen, d. h. sowohl die Kurz- als auch die Langzeitwirkungen fokussiert werden.

Darauf und in wie weit Maßsysteme überhaupt kompatibel mit den empfundenen Wirkungen sind, gehen **Hartmut Irle und Helmut Strasser** zumindest exemplarisch ein mit dem Beitrag *„Zur Kompatibilität von Maßsystemen der Akustik und zu den Wirkungen von Energie-äquivalenten, zum Gehör jedoch mehr oder weniger kompatiblen Schallbelastungen“*.

Dabei wird deutlich, dass trotz einem, seit langem schon existierenden, wissenschaftlich begründeten kompatiblen, d. h. empfindungsgerechten Maßstabssystem der Lautheit (mit der Einheit „Sone“) nach wie vor weltweit ein Maßstabssystem der Lautstärke in Dezibel benutzt wird, das keineswegs kompatibel zu menschlichen Empfindungen ist. In Anbetracht der in dem Beitrag lediglich auszugsweise darstellbaren Erkenntnisse aus vielfältigen audiometrischen Untersuchungen zu den auralen Wirkungen verschiedener akustischer Schallbelastungen wäre es unverantwortlich, sich im Arbeitsschutz und in der Ergonomie auf die bequeme Position einer lediglich physikalischen Betrachtungsweise von Belastungen zu beschränken, und dabei zu

ignorieren, dass Menschen auf Expositionen nach physiologischen und psychologischen Eigengesetzlichkeiten reagieren, und eben nicht lediglich nach der Physik der leblosen Materie „funktionieren“. Was die „physiologischen Kosten“ betrifft, die das Gehör für energie-äquivalente Lärm- und Musikschall-Belastungen in Form von Vertäubungen zu bezahlen hat, sei hier bereits angesprochen, dass moderne Musikproduktionen meist als nahe Verwandte von Industrielärm zu betrachten sind, und das Gehör wohl eher für harmonische und sinusförmige Schallereignisse geschaffen ist.

Abschließend sei auch erlaubt, darauf hinzuweisen, dass es schließlich gelungen ist, in allen Beiträgen zum Themenheft „Kompatibilität“ eine weitgehend **kompatible Zuordnung von Abbildungen und Text** zu erzielen, dass also Abbildungen erst dann auf einer Druckseite präsentiert wurden, wenn sie vorher im Text angesprochen worden waren. Damit wird man vor allem Autoren gerecht, die nicht allein mit seitenlangen Texten, sondern auch mit bildhaften Darstellungen überzeugen wollen.

Mit den hier vorgestellten Beiträgen ist es erfreulicherweise wohl doch gelungen, noch einmal die unbedingt notwendige Kooperation von allen Disziplinen deutlich zu machen, die sich um eine ganzheitliche Gestaltung von Arbeit und Technik bemühen.

Die Arbeitswissenschaft als interdisziplinäres Fachgebiet hat sich dabei ja – stets im Bewusstsein um die Ganzheit Mensch mit seinen physiologischen Eigengesetzlichkeiten, psychischen und sozialen Bedürfnissen – um menschengerechte Arbeitsgestaltung und präventiven Arbeitsschutz zu kümmern. Unter Beachtung gesicherter Erkenntnisse ist dabei allerdings auch in einer bilateralen Zielstellung eine Harmonisierung von Humanaspekten und effizienten bzw. wirtschaftlichen Arbeitssystemen anzustreben. Details dazu siehe u. a.: Hartmann et al. (2021), Strasser (1982, 1986, 1995, 2014).

Wir wünschen der Leserschaft viel Freude und Inspiration bei der Lektüre dieses Themenheftes.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Hartmann B, Spallek M, Ellegast R (2021) Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen – Ursachen – Prävention – Ergonomie – Rehabilitation, 2. Aufl. ecomed, Landsberg am Lech. ISBN 978-3-609-16533-2.
- Strasser H (1982) Integrative Arbeitswissenschaft – Möglichkeiten und Grenzen arbeitsphysiologisch orientierter Feldforschung. *Z Arb Wiss* 36(4):201–206
- Strasser H (1986) Programmatische Gedanken zur integrativen Ausrichtung der Arbeitswissenschaft. *Hum Prod Hum Arbeitsplätze* 8(10):20–22
- Strasser H (1995) Kompatibilität als Ziel der ergonomischen Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen. *Zbl Arbeitsmed* 45(1):6–21
- Strasser H (2014) Visionen und Strategien der Kooperation von Arbeitswissenschaft/Ergonomie mit Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik. *Z Arb Wiss* 68(4):209–212