



AUTOMATION MYTH BUSTING SERIES



Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



AUTOMATISIERUNGSMYTHOS #4

= Automation bevormundet den Menschen, weshalb Mensch und Automation kein Team bilden können

Neue Form der Teamarbeit: Teaming zwischen Mensch und Automation

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund technischer Fortschritte wird Automation heutzutage nicht mehr nur als reines Werkzeug des Menschen betrachtet, sondern durch die Übernahme komplexer Tätigkeiten zunehmend auch im Sinne eines Teammitglieds diskutiert. In diesem Artikel wird dargelegt, wie ein erfolgreiches Teaming optimalerweise realisiert werden kann, sodass die Stärken von Mensch und Automation zum Tragen kommen. Entscheidend ist eine menschenzentrierte Arbeitsgestaltung, die die Bedürfnisse des Menschen in den Mittelpunkt stellt. Dabei werden ein Beispiel aus der Flugsicherung herangezogen und Erkenntnisse bezugnehmend auf den Umgang mit bestehenden Stellwerkstechnologien der Bahnbranche transferiert. Bereits heute zeichnen sich erste Tendenzen einer Teamarbeit zwischen Fahrdienstleiterinnen/Fahrdienstleitern und Automation ab. Diese können in Zukunft mithilfe des eingeführten Modells zu den Schlüsselaspekten für ein erfolgreiches Teaming zwischen Mensch und Automation weiter ausgebaut werden.

AUTORIN

Dr. Michèle Rieth

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Wirtschaftspsychologie & Personalwesen der Universität Bremen. Sie forscht aus arbeitspsychologischer Perspektive zu den Auswirkungen zunehmender Automatisierung auf Beschäftigte und zum Thema des Human-Autonomy Teamings.

mrieth@uni-bremen.de

EINFÜHRUNG

Die Komplexität des Zusammenwirkens von Mensch und Automation im Arbeitskontext möchte ich Ihnen an einem Beispiel aus der Flugsicherung aufzeigen. Die Arbeitstätigkeit von Fluglotsinnen und Fluglotsen besteht darin, den Luftverkehr in einem zugewiesenen Luftraum zu beaufsichtigen und zu navigieren. Um die Effizienz und Sicherheit zu erhöhen, werden zunehmend automatisierte Unterstützungstools eingeführt – so auch das Anflugmanagementsystem. Diese Automation macht unter Berücksichtigung verschiedener Parameter wie Flugbahn, Geschwindigkeit, Landebahnbedingungen usw., konkrete Vorschläge zur optimalen Anflugreihenfolge auf einen Anflugflughafen (Eurocontrol, o. J.; Skybrary, o. J.). Die Beschäftigten bekommen also seitens der Automation aufgezeigt, wie in konkreten Situationen optimalerweise zu navigieren wäre. Was ursprünglich als vorteilhafter Fortschritt der Branche betrachtet wurde, stellt sich nun jedoch aus Sicht einiger Beschäftigter als negativ heraus (vgl. Rieth, 2022). Sie fühlen sich durch die Automation bevormundet. Die aktive und kreative Arbeit, aus dem „Verkehrswirrwarr“ eine sinnvolle Anflugsequenz zu erstellen, ist dem System gewichen. Zieht der Mensch die Automationsunterstützung heran, muss er die automatisch erstellte Anflugsequenz des Systems aufwendig prüfen und mehr oder weniger passiv umsetzen. Was im Rahmen der Einführung dieses Assistenzsystems nicht beachtet wurde, ist, dass dadurch eine Aufgabe automatisiert wurde, die aus Sicht

der Beschäftigten den Reiz der Tätigkeit ausmacht, d. h. ein Arbeitsaspekt, über den sie sich in ihrem Job stark identifizieren. Die ganzheitlichen Effekte auf das Gesamtsystem – bestehend aus Automation und Mensch – wurden nicht allumfassend berücksichtigt. In der Folge können langfristig anstelle der erwarteten Vorteile der Automatisierung vielmehr nicht-intendierte negative Konsequenzen resultieren, wie Arbeitsunzufriedenheit, sinkende Motivation und folglich Leistungseinbußen.

WANDEL DER AUTOMATION VOM WERKZEUG HIN ZUM TEAMMITGLIED

Die heutige Arbeitswelt ist durch den immer stärkeren Einsatz von Automation geprägt. Früher konnten meist nur einfache Routinetätigkeiten automatisiert werden. Heute ermöglichen technische Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz auch die Automatisierung diverser kognitiver, komplexer Aufgaben (Moray et al., 2000; Parasuraman et al., 2000; Sheridan & Parasuraman, 2005). Solche höheren Automationsgrade gehen üblicherweise damit einher, dass die Automation den Menschen nicht nur bei der *Informationssammlung* und *-analyse* unterstützt, sondern auch auf Ebene der *Entscheidungsfindung* oder *Handlungsausführung* agiert (Parasuraman et al., 2000). Sie schlägt bspw. dem Menschen Lösungswege für die zu bewältigende Arbeitsaufgabe vor, gibt dem Menschen konkrete Handlungsanweisungen oder führt Aktionen automatisiert aus. Heutzutage kann die Technologie sogar Teilaufgaben autonom bewältigen, d. h. mit geringem oder ohne menschliches Eingreifen arbeiten (Demir et al., 2019; Hancock, 2017). In der Konsequenz wird Automation nicht mehr nur als ein reines Werkzeug des Menschen betrachtet, sondern zunehmend im Sinne eines Teammitglieds diskutiert (Demir et al., 2019; Rieth & Hagemann, 2022).

Diese Entwicklung wird in der wissenschaftlichen Literatur unter dem Begriff *Human-Autonomy Teaming* thematisiert (vgl. O’Neill et al., 2022). Ein Human-Autonomy Team setzt sich per Definition aus mindestens einer Person und einer (teil)autonomen technischen Einheit, dem sogenannten (teil)autonomen Agenten, zusammen. Diese arbeiten in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis zusammen, um eine gemeinsame Aufgabe erfolgreich zu bewältigen (O’Neill et al., 2022). Ein autonomer Agent kann sich an wechselnde Anforderungen anpassen und Entscheidungen eigenständig treffen (Demir et al., 2019; Hancock, 2017). Autonomie geht folglich mit einem höheren Automatisierungsgrad einher (Hancock, 2017). Technologisch lässt sich heutzutage, insbesondere in sicherheitskritischen Bereichen, meist nur eine partielle Autonomie realisieren. Hierbei kann der technische Agent in einem vorher definierten Rahmen für eine ganz konkrete Teilaufgabe autonom agieren (O’Neill et al., 2022). In der Folge wird der Mensch weiterhin benötigt, sodass eine enge Kollaboration zwischen Mensch und Technik resultiert (Endsley, 2017; Wooldridge, 2013) – ganz im Sinne der Teamarbeit. Beide Parteien stehen in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis zueinander und tragen gemeinschaftlich zu einem übergeordneten Ziel bei.

MENSCHENZENTRIERTE ARBEITSGESTALTUNG ALS SCHLÜSSEL FÜR ERFOLGREICHES HUMAN-AUTONOMY TEAMING

Das Eingangsbeispiel zeigt, dass die Automation seitens der Menschen auch negativ wahrgenommen werden kann, weil sie bspw. bevormundet und in den autonomen Entscheidungsprozess des Menschen eingreift. So stellt sich die Frage, ob ein Teaming zwischen Mensch und Automation tatsächlich realisierbar und zielführend einsetzbar ist. Der Schlüssel liegt in der konkreten Arbeitsgestaltung (Gagné et al., 2022; Parker & Grote, 2022). Hier werden zwei unterschiedliche Ansätze differenziert. Beim *technikzentrierten Ansatz* steht die Fähigkeit der Technologie im Fokus. All diejenigen Funktionen, die von einem technischen System genauer, effizienter oder zuverlässiger als von einem Menschen ausgeführt werden können, werden automatisiert. Die restlichen Aufgaben verbleiben im Sinne des Left-Over-Prinzips beim Menschen (Parasuraman & Riley, 1997; Roth et al., 2019). Daraus können restriktive Arbeitsbedingungen für den Menschen resultieren, z. B. wenn ihm infolge der Automatisierung nur noch überwachende Tätigkeiten

übertragen werden. Damit besteht das erhöhte Risiko, dass der Mensch seine Arbeitstätigkeit als wenig sinnstiftend, monoton und langweilig wahrnimmt, was zu Unaufmerksamkeit, Demotivation und folglich zu Leistungseinbußen führen kann (Parker & Grote, 2022). Dem gegenüber steht ein *menschenzentrierter Ansatz*, bei dem die Bedürfnisse des Menschen bei der Automationsentwicklung, -einführung und -nutzung im Zentrum stehen (Billings, 1991). Automation wird hier eingesetzt, um menschliche Grenzen auszugleichen bzw. um menschliche Fähigkeiten zu erweitern. Ziel bei der Automations-einführung ist es, den Menschen bestmöglich zu unterstützen (Billings, 1991). Dieser Ansatz berücksichtigt, dass es nicht immer sinnvoll ist, alles zu automatisieren, was zu mehr Effizienz führt. Stattdessen werden die Auswirkungen auf den Menschen berücksichtigt und die Kosten und Nutzen ganzheitlich abgewogen.

Mithilfe des menschenzentrierten Ansatzes kann auch ein Human-Autonomy Teaming erfolgreich realisiert werden, ohne dass der Mensch sich durch die Automation bevormundet fühlt. Welche Aspekte dazu förderlich sein können, zeigt bspw. das nachfolgende Modell (Abb. 1).

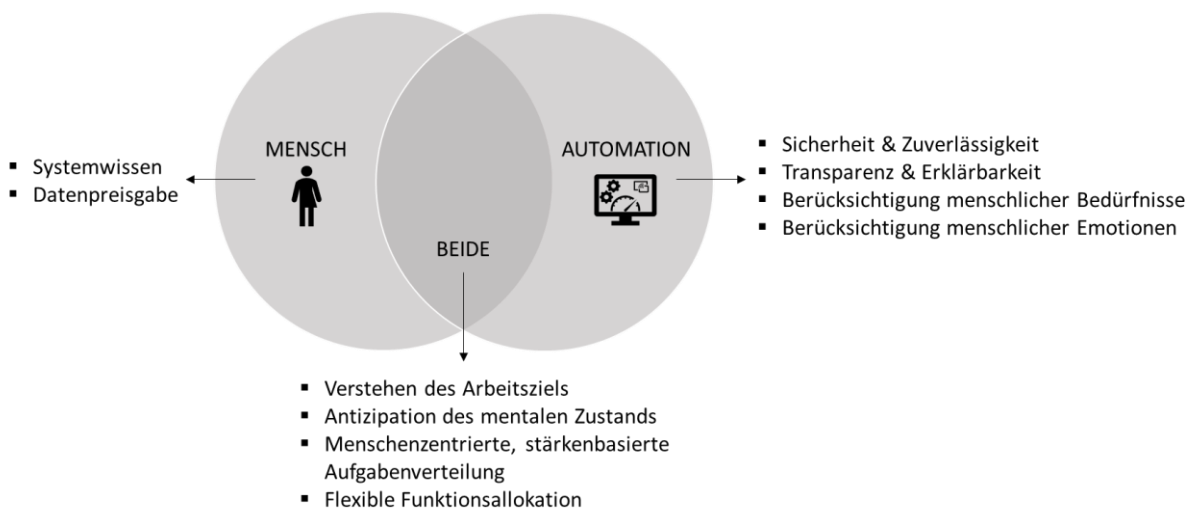


Abb. 1: Modell der Schlüsselaspekte für ein erfolgreiches Teaming zwischen Mensch und Automation (in Anlehnung an Rieth & Hagemann, 2022).

Das Modell wurde auf Basis einer internationalen Befragung von Expertinnen und Experten abgeleitet. Es zeigt auf, welche Aspekte sowohl auf Seiten des Menschen als auch auf Seiten der Automation zur erfolgreichen Realisierung eines Teamings beitragen können (für mehr Details siehe Rieth & Hagemann, 2022). Das Modell erhebt nicht den Anspruch, dass alle Aspekte gleichzeitig zu erfüllen sind, sondern stellt vielmehr eine Sammlung der Aspekte dar, die zur Erzielung eines Teamings aus Sicht der Expertinnen und Experten förderlich sind. Ein Schlüsselaspekt besteht darin, dass der Mensch *Systemwissen* mitbringt, d. h. die Systemlogik, -fähigkeiten und -grenzen kennt. Gleichzeitig bedarf es der Bereitschaft, persönliche *Daten preiszugeben*, damit die Automation auf deren Grundlage bedürfnisorientiert unterstützen kann. Ein weiterer Schlüsselaspekt auf Seiten der Automation besteht darin, dass sie *sicher und zuverlässig* arbeitet, da andernfalls Probleme bzgl. des menschlichen Vertrauens in die Automation und der Bereitschaft zur Automationsnutzung resultieren können. Zudem sollten dem Menschen das Verhalten, die Funktionsweise und die Absichten der Automation durch das Interface-Design *transparent* gemacht werden. Für ein erfolgreiches Teaming ist es ferner förderlich, wenn die Automation die *Gründe*, die zu einer automatisierten Entscheidung geführt haben, für den Menschen nachvollziehbar darlegen kann. Zudem sollte sie im Optimalfall die menschlichen *Bedürfnisse* und *Emotionen berücksichtigen* können. Ist der Mensch bspw. müde, unterstützt sie mehr. Um ein Teaming erreichen zu können, sollten Mensch und Automation das übergeordnete *Arbeitsziel kennen und verstehen*. Außerdem ist zur Realisierung eines Teamings förderlich, wenn die aktuellen und zukünftigen (*mentalen*) *Zustände* gegenseitig eingeschätzten

werden können. Für ein Teaming förderlich ist auch, wenn die Aufgaben *menschenzentriert* nach den *Stärken des Menschen* zugeteilt werden und diese Funktionsallokation je nach Situation *flexibel* angepasst werden kann.

HUMAN-AUTONOMY TEAMING IN DER BAHNBRANCHE

Ähnlich wie Fluglotsinnen und Fluglotsen agieren auch Fahrdienstleiterinnen und Fahrdienstleiter in einem sicherheitskritischen Bereich mit einer hohen Verantwortung. Auch sie beaufsichtigen und navigieren den Verkehr mithilfe von komplexen Technologien und sorgen für einen sicheren, effizienten und geordneten Verkehrsablauf. Dazu durchlaufen sie, ähnlich wie Fluglotsinnen und Fluglotsen, eine intensive Ausbildung. Es handelt sich also auch hier um eine hochqualifizierte Beschäftigtengruppe, deren Arbeit sich durch die Einführung fortschreitender Automationssysteme grundlegend verändert.

Während die Flugsicherung vor allem Automation auf Ebene der Informationsanalyse einsetzt, existieren für elektronische Stellwerke bereits Assistenzsysteme, die auch die Entscheidungs- und Ausführungsfunktionen übernehmen, wie bspw. die Zuglenkung. Bei der Zuglenkung übernimmt das System, basierend auf vorab eingegebenen Daten, das Einstellen der Fahrstraßen für alle im Lenkplan eingetragenen Züge. Sofern keine Eingaben zu Wartezeiten oder vorbeizulassenden Fahrten vorgenommen werden, entscheidet das System i.d.R. auf der Grundlage des First-Come-First-Served-Prinzips. Sind die sicherheitsrelevanten Voraussetzungen gegeben, stellt das Stellwerk die Fahrstraße automatisch ein und lässt die Zugfahrt zu. Die Zuglenkung stellt demnach nicht nur eine entscheidungsunterstützende, sondern auch eine handlungsausführende Automation dar. Die Automation arbeitet ausschließlich, wenn für einen Zug Daten vorliegen und unter vollständiger technischer Sicherung. Ist dies nicht der Fall, dann bleiben Signale in Halt und der Zugverkehr kommt zum Stillstand, bis der Mensch eingreift.

Der Unterschied zum Automationsgrad der Flugsicherung mag dadurch zu erklären sein, dass in der Zugsteuerung bzgl. der Bewegungsrichtung lediglich ein zweidimensionaler Raum zu berücksichtigen ist und es einen sicheren Zustand im Stillstand entsprechend dem Motto „Ein stehender Zug ist ein sicherer Zug“ gibt. Dahingegen kommt in der Flugsicherung durch den dreidimensionalen Raum eine weitere Komplexitätsdimension hinzu. Da der Mensch weiterhin die Verantwortung trägt und ein dem Stillstand ähnlicher sicherer Zustand in der Luft nicht gewährleistet werden kann, wird ein höherer Automationsgrad auf Ebene der Handlungsausführung in der Flugsicherung derzeit nicht angestrebt. Trotz aller Automatisierungsbestrebungen bleiben auch in der Bahnbranche die Fahrdienstleiterinnen und Fahrdienstleiter essentieller Bestandteil der Arbeit. Beispielsweise agiert die Zuglenkung aufgrund sicherheitstechnischer Standards abgekoppelt von den Leitsystemen. Sie hat somit i.d.R. keinen Zugriff auf aktuelle Fahrplan- und Verspätungsdaten. Bei verspätungsbedingten Konflikten von Zügen ist das First-Come-First-Served-Prinzip nicht immer förderlich. Dann bedarf es einer manuellen Disposition durch die Fahrdienstleiterinnen und Fahrdienstleiter. So müssen sie bspw. die Zuglenkung an einzelnen Signalen de- oder reaktivieren oder den Lenkplan editieren. Ähnliches gilt auch bei Störungen. Dann darf die Zuglenkung nicht automatisiert weiterarbeiten und der Mensch übernimmt manuell die Steuerung. Folglich zeichnen sich hier erste Tendenzen eines Teamings ab: Fahrdienstleiterin bzw. Fahrdienstleiter und Automation arbeiten interdependent auf ein gemeinsames Ziel hin: ein sicherer, effizienter und geordneter Verkehrsablauf.

Wie dieses Teaming zwischen Mensch und Automation zukünftig verstärkt werden kann, kann mithilfe der Schlüsselaspekte des obigen Modells erörtert werden. Während die Automation als Teammitglied bereits umfangreiche, einfache Aufgaben übernimmt und damit Fahrdienstleiterinnen und Fahrdienstleiter im Regelbetrieb erheblich entlastet, könnte die Transparenz der Zuglenkung im Sinne einer Kommunikation der geplanten und als nächstes ausgeführten Handlungen noch verbessert werden. Oberstes Gebot sollte

dabei sein, den Menschen mit seinen Bedürfnissen ins Zentrum der Betrachtung zu stellen, um das Teaming auch in Zukunft menschenzentriert ausgestalten zu können.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Auswirkungen neuer Automationstechnologien auf die menschliche Wahrnehmung – und in der Folge auf deren Motivation, Arbeitszufriedenheit und letztendlich auf die Leistung – hängt von der konkreten Arbeitsgestaltung ab (Gagné et al., 2022; Parker & Grote, 2022). Wird dabei ein menschenzentrierter Ansatz gewählt, so ist entgegen des Automationsmythos #4 auch ein Teaming zwischen Mensch und Automation möglich. Bezogen auf das Eingangsbeispiel aus der Flugsicherung könnte eine Lösung der Bevormundungsproblematik bspw. darin bestehen, den Fluglotsinnen und Fluglotsen entsprechend ihrer jeweiligen Bedürfnisse die Möglichkeit der flexiblen Funktionsallokation zu überlassen (vgl. Rieth, 2022). So könnte sie das Anflugmanagementsystem bspw. in stressigen Verkehrssituationen unterstützen, während sie in ruhigen Verkehrssituationen und zum Zweck der regelmäßigen Übung die Aufgabe der Sequenzierung selbst übernehmen. Das obige Modell spezifiziert, welche Aspekte zur Realisierung eines Teamings förderlich sein können, die auch in der Bahnbranche von Relevanz sein dürften, um das soziotechnische System zukünftig „teamfähig“ gestalten zu können.

DANKSAGUNG

Ich bedanke mich bei Justin Adam und Alexander Schulz, die mit ihrer Expertise maßgeblich dazu beigetragen haben, dass ein Transfer in die Bahnbranche ermöglicht wurde.

LITERATUR

- Billings, C. E. (1991). *Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines*. Technical Memorandum 103885. NASA Ames Research Center.
- Demir, M., McNeese, N. J. & Cooke, N. J. (2019). The Evolution of Human-Autonomy Teams in Remotely Piloted Aircraft Systems Operations. *Frontiers in Communication*, 4(50). <https://doi.org/10.3389/fcomm.2019.00050>
- Endsley, M. R. (2017). From Here to Autonomy: Lessons Learned From Human–Automation Research. *Human Factors*, 59(1), 5–27. <https://doi.org/10.1177/0018720816681350>
- Eurocontrol. (o.J.). *Arrival Management*. https://www.eurocontrol.int/phare/public/standard_page/Arrival_Mgt.html
- Gagné, M., Parker, S. K., Griffin, M. A., Dunlop, P. D., Knight, C., Klonek, F. E. & Parent-Rocheleau, X. (2022). Understanding and shaping the future of work with self-determination theory. *Nature Reviews Psychology*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1038/s44159-022-00056-w>
- Hancock, P. A. (2017). Imposing limits on autonomous systems. *Ergonomics*, 60(2), 284–291. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1190035>
- Moray, N., Inagaki, T. & Itoh, M. (2000). Adaptive automation, trust, and self-confidence in fault management of time-critical tasks. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(1), 44–58. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.6.1.44>
- O’Neill, T., McNeese, N. J., Barron, A. & Schelble, B. G. (2022). Human-Autonomy Teaming: A Review and Analysis of the Empirical Literature. *Human Factors*, 64(5), 904–938. <https://doi.org/10.1177/0018720820960865>
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors*, 39(2), 230–253. <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286–297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- Parker, S. K. & Grote, G. (2022). Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. *Applied Psychology*, 71(4), 1171–1204. <https://doi.org/10.1111/apps.12241>
- Rieth, M. (2022). *Auswirkungen zunehmender Automatisierung auf Beschäftigte in High Reliability Organizations - Eine Analyse der veränderten Arbeitsrolle und Anforderungen unter Berücksichtigung der Arbeitsgestaltung am Beispiel des Berufsbildes der Fluglots:innen*. Pabst Science Publishers.
- Rieth, M. & Hagemann, V. (2022). Automation as an equal team player for humans? - A view into the field and implications for research and practice. *Applied Ergonomics*, 98, 103552. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103552>

- Roth, E. M., Sushereba, C., Militello, L. G., DiIulio, J. & Ernst, K. (2019). Function Allocation Considerations in the Era of Human Autonomy Teaming. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 13(4), 199–220.
<https://doi.org/10.1177/1555343419878038>
- Sheridan, T. B. & Parasuraman, R. (2005). Human-Automation Interaction. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 1(1), 89–129.
<https://doi.org/10.1518/155723405783703082>
- Skybrary. (o.J.). *Arrival Manager (AMAN)*. <https://www.skybrary.aero/articles/arrival-manager-aman>
- Wooldridge, M. (2013). Intelligent agents. In G. Weiss (Hrsg.), *Multiagent Systems* (2. Aufl., S. 3–50). The MIT Press.