



AUTOMATION MYTH BUSTING SERIES



Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



AUTOMATISIERUNGSMYTHOS #3

= Automatisierung erleichtert die Aufgabe (und verbessert somit die Leistung)

Automatisierung und mentale Beanspruchung: Warum es wichtig ist, die richtige Balance zu finden

ZUSAMMENFASSUNG

Man könnte annehmen, dass die zunehmende Automatisierung von Aufgaben die mentale Beanspruchung ihrer Anwenderinnen und Anwender verringert. Schließlich sollte eine Aufgabe leichter werden, wenn weniger zu tun ist. Und es ergibt intuitiv Sinn, dass eine leichtere Aufgabe auch effektiver ausgeführt werden sollte. Keine dieser Annahmen ist jedoch unbedingt zutreffend. Die Automatisierung hat paradoxerweise das Potenzial, die mentale Beanspruchung in Abhängigkeit von den Umständen der Arbeit sowohl erhöhen als auch verringern zu können. Eine Verringerung der mentalen Beanspruchung kann Anwender unterfordern, was für die Leistung ebenso schlecht ist wie eine Überforderung. Diese Lektionen haben wir in der Luftfahrt und auch in der Automobilindustrie gelernt. Wie Unfallberichte zeigen, beginnen wir nun, ihre Auswirkungen auf den Schienenverkehr mit der Einführung des automatischen Zugbetriebs (ATO) und anderer automatisierter Systeme zu erkennen. Der Schlüssel zur Unterstützung des Betriebspersonals bei der Erbringung seiner Höchstleistung liegt darin, einen Weg zu finden, die mentale Arbeitsbelastung zu optimieren – somit eine andere Perspektive bei der Implementierung von Automatisierung einzunehmen.

AUTOR

Dr. Mark Young

ist Inspektor bei der britischen Behörde zur Untersuchung von Eisenbahnunfällen (UK Rail Accident Investigation Branch - RAIB). Er arbeitet seit über 25 Jahren im Themenfeld „Human Factors“ und hat zahlreiche Veröffentlichungen über die Auswirkungen der Automatisierung auf die mentale Beanspruchung publiziert.

mark.young@raib.gov.uk

EINFÜHRUNG

Stellen Sie sich das folgende Szenario vor: Sie fahren Ihr brandneues Auto, das mit den neuesten "Autopilot"-Funktionen ausgestattet ist, sodass es selbst lenken und seine Geschwindigkeit kontrollieren kann. Es ist das erste Mal, dass Sie das Auto fahren und Sie beschließen, diese Funktionen auf einer Autobahn auszuprobieren. Sie bringen das Auto auf die entsprechende Richtgeschwindigkeit, drücken die "Autopilot"-Taste und - voila! - das Auto hat jetzt die Kontrolle. Klingt einfach, nicht wahr? Sie können sich einfach entspannen und die Fahrt genießen.

Sie haben die Autopilot-Bedienungsanleitung gelesen und wissen genau, dass Sie auch bei aktiviertem Autopilot immer noch für ein sicheres Fahren verantwortlich sind. Sie dürfen die Hände nicht vom Lenkrad nehmen, sonst gibt das Fahrzeug einen Alarm aus und droht damit, den Autopiloten zu deaktivieren. Wenn Sie Ihren Blick von der Straße abwenden, erkennt das Fahrerüberwachungssystem dies und schlägt ebenfalls Alarm. Und die ganze Zeit über müssen Sie auf Situationen achten, für die der Autopilot nicht ausgelegt ist, und falls nötig, bereit sein, die Kontrolle zu übernehmen.

Das klingt alles viel schwieriger, als Sie dachten. Sie müssen aufmerksam sein, ohne das Fahrzeug tatsächlich zu kontrollieren. Überraschenderweise fühlt es sich anstrengender an, als wenn man das Auto

selbst fährt. Aber es ist noch komplizierter, weil Sie nicht nur die Straße beobachten müssen. Zusätzlich müssen Sie auch das Autopilot-System überwachen, um zu verstehen, was es tut und wann es eine Kontrollübergabe initiiert. Das ist gar nicht so einfach, denn die Benutzeroberfläche gibt nicht viel Aufschluss darüber, was das System "denkt" - es gibt nur ein kleines Symbol, das anzeigt, dass es eingeschaltet ist.

Während Sie versuchen, sich darüber klar zu werden, schert sich plötzlich ein anderes Auto vor Ihnen ein und bremst scharf ab, um die kommende Autobahnausfahrt zu nehmen. Das ist mehr, als der Autopilot Ihres Fahrzeugs bewältigen kann. Deshalb schlägt er Alarm. Einen Moment lang herrscht Verwirrung in Ihrem Kopf, bevor Sie begreifen, was passiert. Instinktiv treten Sie auf die Bremse und können gerade noch einen Zusammenstoß mit dem Auto vor Ihnen vermeiden. Ihr Herzschlag und Ihr Stresspegel steigen rapide an und Sie beschließen, dem vorausfahrenden Auto von der Autobahn zu folgen, um anzuhalten und zu verschlafen.

AUTOMATISIERUNG UND MENTALE BEANSPRUCHUNG

Natürlich ist das zuvor beschriebene Szenario ein hypothetisches, aber nicht völlig unrealistisches. Der Punkt ist, dass die weit verbreitete Annahme, die Automatisierung würde die die Aufgabe vereinfachen und damit besser machen, nicht unbedingt zutrifft, insbesondere dann nicht, wenn wir uns auf einen Menschen als Rückfallebene verlassen und von diesem Menschen erwarten, dass dieser tatsächlich ein zuverlässiger und aufmerksamer Ersatz ist. Wenn diese Person sich dafür entscheidet, nicht so aufmerksam zu sein, würde sich deren Arbeitsbelastung möglicherweise verringern. Jedoch würde deren Leistung dann - besonders im Fall einer Kontrollübernahme - wahrscheinlich noch mehr leiden.

Paradoxerweise kann die Automatisierung also die mentale Beanspruchung sowohl erhöhen als auch verringern, und das sogar innerhalb ein und derselben Tätigkeit. Die Erfahrung mit Autopiloten in Verkehrsflugzeugen zeigt, dass hochautomatisierte Tätigkeiten wie der Reiseflug zu Unterforderung führen können, während die kritischeren Vorgänge bei Start und Landung zu Überforderung führen können (Endsley, 2015). Es gibt auch Hinweise darauf, dass die Automatisierung die Art der Aufgabe verändert (Metzger & Parasuraman, 2005) und qualitativ unterschiedliche Anforderungen an die menschlichen Informationsverarbeitungsphasen stellt. Dadurch kann sich die mit der Wahrnehmung, der Entscheidungsfindung oder der Reaktion verbundene Beanspruchung erhöhen oder verringern (Wickens et al., 2015).

Vieles davon resultiert aus der Charakteristik der Automatisierungstechnik. Da sie dem Menschen die Aufgabe nicht vollständig abnehmen kann, macht sie oft die leichten Aufgaben leichter und die schweren Aufgaben schwerer, eine Situation, die als "clumsy automation" (ungeschickte Automatisierung) bezeichnet wurde (Lee & Seppelt, 2012). Aus jahrzehntelanger Human Factors-Forschung wissen wir, dass sowohl Unter- als auch Überforderungen negative Auswirkungen auf die Leistung haben (z. B. Young et al., 2015).

Überforderung kann bei Bedienern auftreten, die übermäßig niedrige, aber nicht gänzlich fehlende mentale Anforderungen zu erfüllen haben, wie etwa bei der Überwachung eines automatisierten Systems. In dieser Situation beginnt die Aufmerksamkeit der Bediener nachzulassen, was deren Fähigkeiten zur Bewältigung von neuen oder unerwarteten Situationen verringert (Young & Stanton, 2002). Das Problem besteht somit genau dann, wenn eine plötzliche Zunahme der Anforderungen auftritt - wie in der Notfallsituation, mit der unser hypothetischer Fahrer konfrontiert war - und diese nun die reduzierte Fähigkeit des Fahrers übersteigt. Eine Verringerung der Arbeitsbelastung und der damit einhergehenden geringeren mentalen Beanspruchung ist also nicht unbedingt eine gute Sache, wenn wir von der Person erwarten, dass sie aufmerksam und wachsam bleibt.

Zum anderen kann eine Überlastung aufgrund der neuen Dimension der Interaktion des Bedieners mit der Automatisierung auftreten. Im Vergleich zur manuellen Steuerung der Aufgabe erhöht die Automatisierung die Komplexität, verlangt vom Bediener die Integration und Interpretation neuer Informationen (Lee & Seppelt, 2012) und stellt neue Anforderungen an die Überwachung. Diese Überwachungsaufgabe geht nachgewiesenermaßen mit einer hohen mentalen Beanspruchung bei aufmerksamer Bedienung einher (Warm et al., 1996), und es ist schwierig, diese über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Darüber hinaus kann ein "ungeschickter" Ansatz bei der Automatisierung von

Teilaufgaben dazu führen, dass der menschliche Bediener mit einem zusammenhangslosen Aufgabenkomplex konfrontiert wird, was die mentale Beanspruchung ebenfalls erhöhen kann (Stanton et al., 2021).

All dies deutet darauf hin, dass die mentale Beanspruchung des Menschen optimiert werden sollte, um die beste Leistung zu erzielen (Young et al., 2015). Sie sollte weder zu hoch noch zu niedrig sein (siehe Abbildung 1). Damit die Automatisierung sowohl Über- als auch Unterforderung vermeiden kann, muss sie intelligenter mit dem Menschen als Teil desselben Teams zusammenarbeiten (Reinartz, 1993). Angesichts der zunehmenden Automatisierung im Zugbetrieb, bei der Signalisierung und in anderen Bereichen ist dies ein Thema, mit dem sich die Bahnindustrie auseinandersetzen muss, wie aktuelle Fallstudien zeigen.

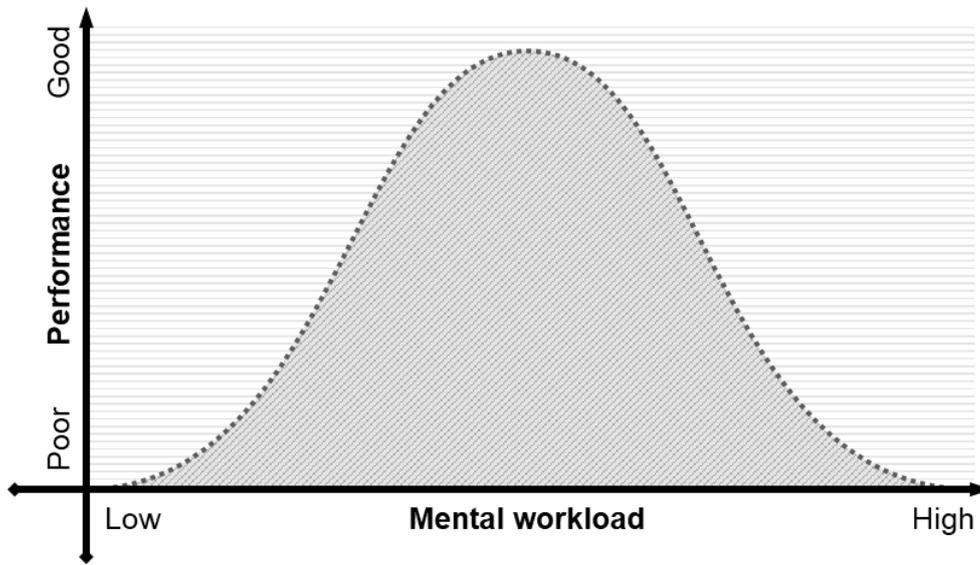


Abb. 1: Zusammenhang zwischen mentaler Beanspruchung und Leistung (nach Young et al., 2015)

EREIGNISSE IM SCHIENENVERKEHR MIT MENTALER BEANSPRUCHUNG DURCH AUTOMATISIERUNG

Am Nachmittag des 31. Januar 2018 wurde ein Fahrgast in den sich schließenden Türen eines Londoner U-Bahn-Zugs eingeklemmt, der vom Bahnhof Notting Hill Gate im Westen Londons abfuhr (RAIB, 2018). Diese Person wurde über den Bahnsteig und etwa 15 Meter in den Tunnel geschleift und erlitt schwere Verletzungen.

Sieben Monate später, am 1. September 2018, fuhr ein weiterer Zug der Londoner U-Bahn zwischen den Bahnhöfen Finchley Road und West Hampstead mit zehn geöffneten Türen (RAIB, 2019). Glücklicherweise stürzte niemand aus dem Zug und es gab keine Verletzten, obwohl der Zug etwa 30 Fahrgäste an Bord hatte und während der 56 Sekunden andauernden Fahrt zwischen den beiden Stationen eine Höchstgeschwindigkeit von 62 km/h erreichte.

Beide Züge fuhren im automatischen Zugbetrieb (ATO), bei dem sich ein Triebfahrzeugführer im Führerstand befand, während der Zug automatisch von einem Bahnhof zum nächsten fährt. Zwischen den Bahnhöfen überwacht der Triebfahrzeugführer also nur den Zug und die Gleise, während seine Aufgabe in den Bahnhöfen darin besteht, die Türen zu betätigen, das Ein- und Aussteigen der Fahrgäste zu überwachen und den Zug anzufahren - eine sehr repetitive Aufgabe. In den Untersuchungsberichten zu beiden Vorfällen wurde festgestellt, dass die ATO eine Schlüsselrolle bei der Ursachenanalyse spielte, da die Triebfahrzeugführer in beiden Fällen offenbar unter mentaler Unterforderung litten.

Am Notting Hill Gate bemerkte der Zugführer den eingeklemmten Fahrgast erst, als er die Abfahrt des Zuges einleitete. Dies lag zum Teil wahrscheinlich an der Art der Aufgabe, die dazu führte, dass er die verfügbaren Informationen nicht bewusst verarbeitete. Das ATO-System forderte den Triebfahrzeugführer mit dieser Aufgabe und wiederholten Handlungen an den Haltestellen nur geringfügig. Dies kann automatisch zu einer Verringerung der Aufmerksamkeit führen. So lange die Aufgabe konsistent ist, d. h.

nichts passiert, führt der Fahrer sie schnell und (scheinbar) effizient aus. Wenn sich die Situation jedoch ändert und, wie in diesem Fall, ein kritisches Ereignis eintritt, ist der Triebfahrzeugführer aufgrund seiner reduzierten Aufmerksamkeit anfällig dafür, eine wichtige Information zu übersehen und bemerkte den eingeklemmten Fahrgast somit nicht.

Triebfahrzeugführer in der Finchley Road war in ähnlicher Weise von mentaler Unaufmerksamkeit betroffen. Eine Türstörung im Bahnhof stellte eine unerwartete Situation dar, die für den Triebfahrzeugführer einen plötzlichen Anstieg der Arbeitsbelastung bedeutete, nachdem er über einen längeren Zeitraum hinweg möglicherweise unterfordert war. Dies hatte wahrscheinlich zur Folge, dass der Triebfahrzeugführer die offenen Türen nicht bemerkte und schließlich die Türverriegelung umging, so dass er den Zug abfahren lassen konnte. In dem Bericht wurde als möglicher Grund für den Unfall die Ausbildung des Zugpersonals genannt, das nicht angemessen auf die plötzliche Zunahme der Arbeitsbelastung durch die Notwendigkeit, Störungen an Zügen im automatisierten Betrieb unter Zeitdruck zu beheben, vorbereitet war.

Zu den Empfehlungen aus diesen Untersuchungsberichten gehörte, die Triebfahrzeugführer zu unterstützen, die Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten und mit abrupten Übergängen von geringer zu hoher mentaler Beanspruchung umzugehen. Strategien wie die Aufgabenteilung oder -unterbrechung durch manuelle Steuerung können dazu beitragen, die mentale Beanspruchung zu optimieren und die Auswirkungen der Unterforderung auszugleichen.

SCHLUSSFOLGERUNG

Häufig wird angenommen, dass die Automatisierung die mentale Beanspruchung verringert, weil eine leichtere Aufgabe besser für den menschlichen Bediener ist. Dies ist jedoch nicht unbedingt der Fall: Unterforderung ist für die menschliche Leistung ebenso schlecht wie Überforderung, und in jedem Fall kann die Automatisierung unter bestimmten Umständen die mentale Beanspruchung sogar erhöhen. Solange wir davon ausgehen, dass die menschliche Bedienung eine gewisse Rolle in einem automatisierten System spielt, ist es besser, das System so zu gestalten, dass die mentale Beanspruchung für den Menschen optimiert wird.

LITERATUR

- Endsley, M. R. (2015). *Autonomous horizons: System autonomy in the Air Force – a path to the future. Volume I: Human-autonomy teaming*. (Report no. AF/ST TR 15-01). United States Air Force Office of the Chief Scientist.
- Lee, J. D. & Seppelt, B. D. (2012). Human factors and ergonomics in automation design. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics, Fourth Edition* (pp. 1615-1642). Hoboken, NJ: Wiley.
- Metzger, U. & Parasuraman, R. (2005). Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload. *Human Factors*, 47(1), 35-49.
- RAIB (2018). *Passenger trapped and dragged at Notting Hill Gate station, 31 January 2018*. (Report no. 14/2018). Derby: Rail Accident Investigation Branch.
- RAIB (2019). *Train travelling with doors open on the Jubilee line, 1 September 2018*. (Report no. 06/2019). Derby: Rail Accident Investigation Branch.
- Reinartz, S. J. (1993). Information requirements to support operator-automatic cooperation. *Human Factors in Nuclear Safety Conference*, London.
- Stanton, N. A., Revell, K. M. A. & Langdon, P. (2021). *Designing Interaction and Interfaces for Automated Vehicles: User-Centred Ecological Design and Testing*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Warm, J. S., Dember, W. N. & Hancock, P. A. (1996). Vigilance and workload in automated systems. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), *Automation and Human Performance: Theory and Applications*. (pp. 183-200). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wickens, C. D., Sebok, A., Li, H., Sarter, N. & Gacy, A. M. (2015). Using modelling and simulation to predict operator performance and automation-induced complacency with robotic automation: A case study and empirical validation. *Human Factors*, 57(6), 959-975.
- Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D. & Hancock, P. A. (2015). State of science: mental workload in ergonomics. *Ergonomics*, 58(1), 1-17.
- Young, M. S. & Stanton, N. A. (2002). Malleable attentional resources theory: A new explanation for the effects of mental underload on performance. *Human Factors*, 44(3), 365-375.