

4 Gestaltung der Human-Automation Interaction

In der Literatur werden zahlreiche Konzepte und Ansätze für eine menschenzentrierte Gestaltung der HAI diskutiert. Diese lassen sich mit zentralen Konzepten der Arbeits- und Organisationspsychologie verbinden und sind im Sinne einer menschenförderlichen Gestaltung von Arbeit unter Verwendung von Automation zu verstehen.

Bevor in diesem Kapitel ausgewählte Ansätze ausführlich vorgestellt werden, soll zunächst übergeordnet darauf verwiesen werden, dass im Rahmen der HAI-Gestaltung in dieser Arbeit stets Mensch, Technik und Organisation gemeinsam betrachtet werden. Dies steht in Einklang mit dem soziotechnischen Systemansatz und dem MTO-Konzept. Der *soziotechnische Systemansatz* geht davon aus, dass Arbeitssysteme aus einem technischen und einem menschlichen Teilsystem bestehen, die von einer Wechselbeziehung zueinander geprägt sind und nur gemeinsam optimiert werden können. Soziotechnische Systeme sind dynamische und offene Systeme, die auch in Interaktion mit der Umwelt stehen. Die Gestaltung solcher Systeme sollte stets unter Beachtung dieser Wechselbeziehungen stattfinden. Ein solches Vorgehen trägt neben einer ganzheitlichen Betrachtungsweise auch dazu bei, dass Technologie nicht aus einem Selbstzweck eingesetzt wird, sondern aus einer organisationalen Notwendigkeit heraus (Emery & Trist, 1960; Ulich, 2013). Das *MTO-Konzept* geht auf Ulich (1997) zurück und ist dem soziotechnischen Systemdenken entsprungen. Dieser Ansatz stellt die Arbeitsaufgabe in den Mittelpunkt, welche die drei Komponenten Mensch, Technik und Organisation (MTO) verbindet. Entsprechend sollte immer, ausgehend von der konkreten Arbeitsaufgabe, das System bestehend aus Mensch, Technik und Organisation unter Einbezug deren Wechselbeziehungen gestaltet werden (Ulich, 1997, 2013). Wird also in einer Organisation zur Bewältigung einer bestimmten Aufgabe Automation eingeführt oder der Automationsgrad erhöht, empfiehlt es sich im Rahmen der Arbeitsgestaltung nicht nur die Technik zu berücksichtigen (z.B. was ist technologisch möglich?), sondern auch die Auswirkungen für den betroffenen Menschen (z.B. wie nimmt der Mensch die Automation wahr, inwiefern verändert sich die menschliche Rolle, ist ein spezielles Training notwendig?) und den organisationalen Kontext zu beachten (z.B. muss Arbeit neu organisiert werden, müssen Strukturen angepasst werden?).

Im Folgenden werden dazu passende, ausgewählte Gestaltungsansätze vorgestellt. Zunächst wird auf das Konzept der menschenzentrierten Automatisierung eingegangen, bevor anschließend elementare Leitprinzipien menschengerechter Arbeitsgestaltung vorgestellt werden. Dabei wird auf das Thema der Bedürfnisbefriedigung im Arbeitskontext eingegangen

und das Job Characteristics Model sowie weitere Ableitungen daraus beschrieben. Anschließend wird die Handlungsregulationstheorie zur Gestaltung von Arbeitstätigkeiten dargelegt. Zuletzt wird auf das Konzept des Joint Cognitive Systems eingegangen, welches im Sinne einer menschenzentrierten Perspektive Mensch und Automation nicht nur in Wechselbeziehung, sondern als eine Einheit mit hoher Widerstands- und Adaptionfähigkeit betrachtet (Hollnagel & Woods, 2005).

4.1 Menschenzentrierte Automatisierung

Ein zentrales Konzept zur Gestaltung und Einführung von Automation stellt die menschenzentrierte Automatisierung (*human-centered Automation*, Billings, 1991a, 1996) dar. Es wurde ursprünglich für die Aviatik genutzt und bezeichnet den Einsatz von Automation zum Ausgleich menschlicher Limitationen bzw. zur Erweiterung der menschlichen Fähigkeiten. Automation soll hierbei den Menschen bestmöglich unterstützen (Billings, 1991a). Der Mensch wird folglich ins Zentrum der Betrachtung gestellt (Billings, 1996). Billings (1996, S. 8) erklärt:

„Some people have criticized this term because it appears to emphasize the human rather than the human-machine system, but in the aviation domain, in which humans are fully responsible for the outcome, the human must be the primary focus of our attention.“

Dieser menschenzentrierte Ansatz steht dem technologiezentrierten Ansatz gegenüber, bei dem Automation überall dort eingesetzt wird, wo sie einen wirtschaftlichen Vorteil bietet und die Sicherheit erhöht – ohne ausreichend über die Rolle und Verantwortlichkeit des Menschen nachzudenken (Parasuraman & Riley, 1997). Dieses Vorgehen, bei dem der Mensch im Rahmen der Implementierung von Automation nicht ausreichend mitgedacht wird, bezeichnen Parasuraman und Riley (1997) als *Automation Abuse*. Ein solcher technologiezentrierter Ansatz führt häufig dazu, dass dem Menschen die Aufgabe eines reinen Systemmonitorings zukommt und eine Rolle geschaffen wird, für die der Mensch eigentlich nicht gut geeignet ist (Parasuraman & Riley, 1997). In der Folge resultieren einige der in Kapitel 3.4 beschriebenen Herausforderungen, wie Monotonie, Out-of-the-Loop-Probleme oder ein Verlust des Situationsbewusstseins.

Billings (1991a, 1996) erkannte diese Gefahr und fordert mit seinem menschenzentrierten Ansatz, dass Automation stets als eine Unterstützung für den Menschen eingesetzt wird und dem Menschen weiterhin eine aktive Rolle zukommt – selbst dann, wenn die Automation in der Lage wäre, die Aufgabe eigenständig zu übernehmen. Dieser menschenzentrierte Ansatz basiert auf der Annahme, dass das Gesamtsystem, bestehend aus Mensch und Automation,

mehr davon profitiert, wenn der Mensch aktiv am Prozess beteiligt wird und dadurch besser auf das System und mögliche Abweichungen reagieren kann, als wenn eine Automation alle ihr möglichen Aufgaben übernimmt und dadurch womöglich effizienter arbeitet, aber der Mensch in seiner passiven Rolle nicht mehr in der Lage ist, Probleme zu identifizieren und wirksam einzugreifen (Parasuraman & Riley, 1997). Die Prämisse des Konzepts besteht darin, dass nur dem Menschen die schlussendliche Verantwortung für die Aufgabenerfüllung des Gesamtsystems, inklusiver aller daraus resultierender Probleme und Folgen, übertragen wird. Dementsprechend sollte nach Billings (1991a) der Mensch immer die finale Entscheidungsautorität besitzen. Die Rolle des Menschen in der Supervisory Control (vgl. Kapitel 3.3) nimmt dabei eine zentrale Bedeutung ein (Manzey, 2012).

Billings (1991a, 1996) formulierte, ursprünglich für die Cockpitautomation, sechs Gestaltungsprinzipien einer menschenzentrierten Automatisierung, welche heute noch vielfach herangezogen werden und auf unterschiedliche Kontexte übertragen werden können:

Erstens muss der Mensch in die jeweiligen Abläufe stets *aktiv* involviert werden, d.h. er sollte nicht nur eine passive Überwachungsrolle übertragen bekommen und nicht nur als Problemlöser für abnormale Situationen herangezogen werden, sondern einen aktiven Part im Rahmen normaler Betriebsabläufe einnehmen.

Zweitens muss der Mensch stets in der Lage sein, die Automation zu überwachen. Was zunächst selbstverständlich klingt, wurde jedoch in der Vergangenheit häufig missachtet. Sarter und Woods (1995, S. 14) sprechen dabei von Automation, die „strong and silent“ ist, also eine Automation, bei der der Mensch nicht einmal merkt, dass eine Automation mitarbeitet oder nicht weiß, was die Automation tut oder warum sie dies tut. Dies kann zu einer fehlenden Mode Awareness und somit zu einem Mode Error führen, d.h. Bedienende verlieren den Überblick darüber, in welchem Modus sich das System befindet oder verwechseln die Funktionen des jeweiligen Modus (Sarter & Woods, 1995). Dies sollte im Sinne des menschenzentrierten Ansatzes verhindert werden.

So muss der Mensch *drittens* jederzeit über den Zustand und die Aktionen der Automation informiert werden. Hierbei betont Billings (1996, S. 10): „Data, however, is not information“. Die einfache Darstellung von Daten ist nicht ausreichend. Stattdessen müssen sie angemessen transformiert und dem Menschen auf eine sinnvolle Art und Weise präsentiert werden. Hierbei bedarf es seitens der Systementwickelnden eines Verständnisses für die Bedürfnisse der Nutzenden, deren kognitiven Modelle und Arbeitsstile unter Berücksichtigung verschiedener Umstände.

Viertens müssen die automatisierten Systeme vorhersehbar sein, d.h. der Mensch muss wissen, was die Automation als Nächstes beabsichtigt zu tun und wann dies erfolgen wird. Folglich braucht der Mensch akkurate mentale Modelle darüber, wie sich die Automation verhalten soll. Nur so ist der Mensch in der Lage, unvorhergesehenes Verhalten festzustellen und darauf angemessen zu reagieren.

Fünftens müssen auch umgekehrt die automatisierten Systeme in der Lage sein, das menschliche Verhalten zu überwachen. Wie in Kapitel 3.4 aufgezeigt, ist z.B. bekannt, dass Menschen in reinen Monitoring-Aufgaben nicht gut sind. Daher werden in vielen Bereichen zusätzliche Systeme integriert, die den Menschen darin unterstützen und immer dann ausschlagen, wenn der Mensch etwas übersieht. Nach Billings (1996, S. 13) ist dieses sogenannte „Cross-Monitoring“ zwischen Mensch und Automation essentiell, um die insgesamt Systemsicherheit zu erhöhen.

Das *sechste* Gestaltungsprinzip bezieht sich darauf, dass Mensch und Automation intelligente Einheiten eines gemeinsamen Systems repräsentieren, die gegenseitig über die Absichten des jeweils anderen informiert sein müssen. Nur dann, wenn Mensch und Automation wissen, was die jeweilige andere Partei zu erreichen versucht und warum, kann das Cross-Monitoring funktionieren. Billings (1996) betont, dass dies v.a. in abnormalen Situationen häufig nicht gegeben ist.

Insgesamt begründet Billings (1996) das Konzept der menschenzentrierten Automatisierung im Bereich der Aviatik damit, dass der Mensch in dieser sicherheitskritischen Domäne auch in Zukunft immer ein zentraler Bestandteil bleiben wird, da er in unklaren und komplexen Situationen dem System überlegen ist:

„They are excellent detectors of signals in the midst of noise, they can reason effectively in the face of uncertainty, and they are capable of abstraction and conceptual organization. Humans thus provide to the aviation system a degree of flexibility that cannot now, and may never, be attained by computers. Human experts can cope with failures not envisioned by aircraft and aviation system designers. They are intelligent: they possess the ability to learn from experience and thus the ability to respond adaptively to new situations. Computers cannot do this except in narrowly-defined, completely-understood domains and situations.”
(Billings, 1996, S. 13)

Es stellt sich die Frage, wie sich dies in Zukunft durch Verwendung von Machine Learning und Künstlicher Intelligenz (KI) entwickeln wird. Ein Blick in die aktuelle Literatur zeigt, dass auch

hier von „human-centered Artificial Intelligence“ gesprochen wird (z.B. Auernhammer, 2020; Margetis et al., 2021; Riedl, 2019; Shneiderman, 2020), welche auf vergleichbaren Grundannahmen basiert. Auch hier wird der Mensch mit seinen Bedürfnissen ins Zentrum des Designs gestellt und soll bestmöglich unterstützt werden.

Die Relevanz eines menschenzentrierten Designs im Kontext neuer Technologien ist in der Human Factors Community bereits deutlich angekommen. Die Debatte darüber, wann eine Automatisierung als menschenzentriert bezeichnet werden kann, dauert jedoch an. Sheridan und Parasuraman (2005) fassen dazu einige konkrete Kriterien einer menschenzentrierten Automatisierung zusammen und verweisen gleichzeitig auf Gründe, wieso diese jeweils zu hinterfragen sind (Tabelle 2).

Anhand dieser Gegenüberstellung wird deutlich, wie schwierig es ist, allgemeingültige menschenzentrierte Gestaltungskriterien abzuleiten und zu bestimmen, ab wann eine Automatisierung als menschenzentriert angesehen werden kann. Das Konzept der menschenzentrierten Automatisierung kann demnach vielmehr im Sinne einer Gestaltungsorientierung mit der Prämisse, den Menschen und seine Bedürfnisse in den Fokus zu nehmen, verstanden werden und sollte immer kontextspezifisch betrachtet werden.

Nachdem nun ein Verständnis darüber geschaffen wurde, was unter einer menschenzentrierten Automatisierung zu verstehen ist, werden im folgenden Kapitel ausgewählte Leitprinzipien zur Erreichung einer solchen menschengerechten Arbeitsgestaltung unter Rückbezug auf zentrale Konzepte der Arbeits- und Organisationspsychologie vorgestellt.

Tabelle 2. Kriterien einer menschenzentrierten Automatisierung und Gründe, diese zu hinterfragen (in Anlehnung an Sheridan & Parasuraman, 2005, S. 95).

Kriterien	Gründe zum Hinterfragen
1. Mensch und Automation sollten jeweils diejenigen Aufgaben zugewiesen werden, für die sie am besten geeignet sind.	Es besteht kein Konsens darüber, wie dabei vorzugehen ist und die Allokationsweise kann kontextspezifisch variieren.
2. Der Mensch sollte stets in die Entscheidung und Kontrolle einbezogen werden.	Dies ist nur für Aufgaben mit mittlerem Anspruchsniveau geeignet. Für ein sehr hohes Anspruchsniveau ist der Mensch zu langsam und bei einem zu geringen Anspruchsniveau steigt er mental aus.
3. Der Mensch sollte als letzte Autorität über die Automation beibehalten werden.	Der Mensch ist in dauerhaften Überwachungsaufgaben nicht gut und kann unter Zeitdruck und in komplexen Situationen nur schlecht gute Entscheidungen treffen.
4. Durch benutzerfreundliche Automatisierung sollte die Arbeit des Menschen einfacher, vergnüglicher und zufriedenstellender gemacht werden.	Im Anwendungsfeld sind Benutzerfreundlichkeit, Vergnügen und Zufriedenheit möglicherweise weniger wichtig als die Leistung.
5. Die menschlichen Fähigkeiten sollten durch Automation verbessert und erweitert werden.	Mehr Fähigkeiten und Macht können den Menschen auch zum Schlechten verleiten.
6. Das Vertrauen des Menschen in die Automation sollte gefördert werden.	Der Mensch kann der Automation auch übervertrauen.
7. Die Automation sollte dem Menschen zu all dem, was er wissen möchte, eine Empfehlung geben.	Eine hohe Informationsmenge und -komplexität können auch zur Überforderung (Informationsüberflutung) führen.
8. Automation sollte entwickelt werden, um menschliche Fehler zu reduzieren.	Lernen entsteht v.a. durch eigenes Versagen und durch Raum zum Experimentieren. So wird der Mensch nicht selbst zum „Roboter“.
9. Der Mensch sollte zum Supervisor der untergeordneten Automationssysteme werden (Supervisory Control).	Manchmal ist eine direkte manuelle Kontrolle besser als eine leitende Kontrolle (Supervisory Control).
10. Eine optimale Kombination aus menschlicher und automatisierter Kontrolle sollte angestrebt werden. Das Optimum wird durch die expliziten Systemziele definiert.	Es existiert meist keine mathematische Zielfunktion, aus der das Optimum abgeleitet werden kann.

4.2 Leitprinzipien menschengerechter Arbeitsgestaltung

Im Zuge der Humanisierung der Arbeitswelt in den 50er Jahren entstand die Forderung nach menschengerechter Arbeit (Lattmann, 1991). Ein einheitliches Verständnis darüber, was menschengerechte Arbeitsgestaltung konkret bedeutet, existiert nicht. Eine menschengerechte Gestaltung von Arbeit zielt jedoch einheitlich darauf ab, den Menschen und seine Bedürfnisse ins Zentrum zu stellen. Dadurch kann Arbeit persönlichkeitsförderlich gestaltet werden und in Wohlbefinden und Zufriedenheit münden. Zahlreiche Autor:innen haben sich mit der Ableitung konkreter Gestaltungskriterien für menschengerechte Arbeit beschäftigt (z.B. Hacker & Richter, 1980; Lattmann, 1991; Luczak & Volpert, 1997; Parker & Grote, 2020; Ulich, 2013), die im Kontext der zunehmenden Automatisierung der Arbeitswelt erneut an Bedeutung gewinnen und daher im Sinne menschenzentrierter Automatisierung zu verstehen sind. Im Folgenden werden die für diese Arbeit zentralen Theorien und Modelle menschengerechter Arbeitsgestaltung vorgestellt.

4.2.1 Zentrale Bedürfnisse des Menschen als Grundlage für Wohlbefinden

Menschliche Bedürfnisse stehen im Fokus menschengerechter Arbeitsgestaltung, sodass diese nun näher betrachtet werden. In der Psychologie liegen verschiedene Ansätze zu den universellen Bedürfnissen der Menschen vor. Eine sehr berühmte Theorie, die ihren Ursprung jedoch außerhalb der Psychologie hat, stellt die Bedürfnispyramide nach Maslow (1943) dar. Maslow (1943) unterscheidet mit dieser Pyramide fünf zentrale Bedürfnisse des Menschen, die hierarchisch geordnet sind. An unterster Stelle befinden sich die physiologischen Bedürfnisse, gefolgt von den Sicherheits- und Schutzbedürfnissen, den sozialen Bedürfnissen, dem Bedürfnis nach Status und Anerkennung sowie dem Bedürfnis nach Selbstverwirklichung an der Spitze. Das menschliche Verhalten wird durch das in der Bedürfnishierarchie niedrigste unbefriedigte Bedürfnis motiviert. Nur wenn die Bedürfnisse einer unteren Stufe zu einem bestimmten Niveau erfüllt sind, strebt das Individuum die nächsthöhere Stufe an. Demnach wirkt nach Maslow (1943) ein befriedigtes Bedürfnis nicht mehr motivierend. Maslow (1943) geht jedoch davon aus, dass das oberste Bedürfnis nach Selbstverwirklichung niemals vollends befriedigt werden kann und somit stets als Motivator fungiert. Wenngleich die Theorie vielfach verwendet wird, ist sie sehr umstritten, da die hierarchische Ordnung empirisch nicht bestätigt werden konnte und die Bedürfnisgruppen nicht trennscharf voneinander abgegrenzt werden können (vgl. Bartscher & Nissen, 2017; Conrad, 1983).

Eine weitere, heute häufig herangezogene Theorie stellt die Selbstbestimmungstheorie nach Ryan and Deci (2000) dar, welche im Gegensatz zum Maslow'schen Modell empirisch vielfach

bestätigt werden konnte. Sie geht von drei zentralen Bedürfnissen aus, nach deren Erfüllung jedes Individuum strebt: das Bedürfnis nach Autonomie (d.h. selbstbestimmt handeln zu können), nach Kompetenz (d.h. fähig und effektiv handeln zu können) und nach sozialer Verbundenheit (d.h. sich zugehörig fühlen). Die Befriedigung dieser drei Bedürfnisse bestimmt nach Ryan und Deci (2000, 2001) das Ausmaß an intrinsischer Motivation, Gesundheit und Wohlbefinden. Tätigkeiten, die die psychologischen Bedürfnisse erfüllen, werden als sinnstiftend und bedeutend wahrgenommen (Ryan & Deci, 2000, 2001). Die Meta-Analyse von van den Broeck et al. (2016) zeigt auch, dass deren Befriedigung im Arbeitskontext mit besserer Leistung, höherer Arbeitszufriedenheit, geringerem Burnout, stärkerem organisationalen Engagement und geringerer Fluktuationsabsicht einhergeht.

Sheldon et al. (2001) bauten auf der Selbstbestimmungstheorie auf und verglichen diese mit anderen Bedürfnistheorien. Daraus leiteten sie die zehn wichtigsten psychologischen Bedürfnisse der Menschen ab, die wie folgt lauten: Autonomie, Kompetenz, Verbundenheit, körperliches Gedeihen, Sicherheit, Selbstwertgefühl, Selbstverwirklichung, Vergnügen, Geldluxus und Popularität. Sieben dieser zehn Bedürfnisse werden von Hassenzahl und Kolleg:innen (z.B. Hassenzahl et al., 2010; Hassenzahl et al., 2013; Hassenzahl & Diefenbach, 2017) aufgegriffen und als Orientierung im Rahmen der Technikgestaltung genutzt. Sie postulieren, dass die Befriedigung dieser Bedürfnisse in Interaktion mit Technik eine wichtige Voraussetzung für das empfundene Wohlbefinden der Nutzenden darstellt. In ihrem Modell der wohlbefindensorientierten Gestaltung verzichteten sie auf die von Sheldon et al. (2001) identifizierten Bedürfnisse Selbstwertgefühl, Geldluxus, und körperliches Gedeihen (Hassenzahl & Diefenbach, 2017). Selbstwert betrachten Hassenzahl und Kolleg:innen vielmehr als ein Resultat befriedigter Bedürfnisse, das zudem nicht eindeutig abgrenzbar von den anderen Bedürfnissen, wie bspw. Popularität, ist. Geldluxus verstehen sie vielmehr als ein „Mittel zur Erfüllung verschiedener Bedürfnisse“ (Hassenzahl & Diefenbach, 2017, S. 98), das v.a. zu negativen Gefühlen und weniger zu positiven Gefühlen führen kann. Körperliches Gedeihen wurde ausgeschlossen, da es seinerzeit kaum im Zusammenhang mit Technik stand und sich auch in der Studie von Sheldon et al. (2001) nicht als ein eindeutiges Bedürfnis herauskristallisierte (Hassenzahl & Diefenbach, 2017). Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von Fitnesstrackern und ähnlichen Produkten revidieren sie heute diese Einschätzung und betrachten das Bedürfnis nach körperlichem Gedeihen als ein optionales Bedürfnis. Sie betonen, dass das sogenannte grundlegende „Set der sieben Bedürfnisse für eine am Wohlbefinden orientierte Gestaltung“ (Hassenzahl & Diefenbach, 2017, S. 98) nicht

verbindlich ist und je nach Kontext und Fragestellung erweitert oder eingeschränkt werden kann. Tabelle 3 stellt diese sieben Bedürfnisse inklusive ihrer Bedeutungen als Übersicht dar.

Tabelle. Sieben Bedürfnisse als Grundlage für wohlbefindensorientierte Technikgestaltung (in Anlehnung an Hassenzahl & Diefenbach, 2017).

Bedürfnis	Bedeutung
Kompetenz	Das Gefühl, fähig und effektiv zu handeln
Autonomie	Das Gefühl, gemäß eigener Vorstellungen zu handeln
Stimulation	Das Gefühl, Neues zu entdecken und ausreichend Anregung zu bekommen
Sicherheit	Das Gefühl, angenehme Gewohnheiten und Routinen zu haben
Verbundenheit	Das Gefühl, regelmäßigen intimen Kontakt mit anderen Menschen zu haben, denen man etwas bedeutet
Bedeutsamkeit	Das Gefühl, bedeutsame Momente bewusst zu erleben, persönliche Entwicklung oder neue Einsichten zu erlangen
Popularität	Das Gefühl, gemocht und respektiert zu werden und mit dem eigenen Verhalten andere Menschen zu beeinflussen

4.2.2 Zentrale Aufgabenmerkmale einer menschengerechten Arbeitsgestaltung

Ein einflussreiches Modell im Rahmen der menschengerechten Arbeitsgestaltung stellt das Job Characteristics Model nach Hackman und Oldham (1975, 1976) dar. Im Gegensatz zur Selbstbestimmungstheorie, welche eine Arbeitssituation eher auf allgemeiner Ebene betrachtet, bezieht sich das Job Characteristics Model spezifischer auf die Arbeitstätigkeit an sich (Brandstätter & Schnelle, 2007). Es spezifiziert fünf zentrale Aufgabenmerkmale, die entscheidend für Arbeitsmotivation, Arbeitsleistung und Arbeitszufriedenheit sind und zeigt, durch welche psychologischen Erlebniszustände dieser Effekt vermittelt wird (vgl. Abbildung 6). Die fünf zentralen Aufgabenmerkmale werden im Folgenden erläutert (Hackman & Oldham, 1975, 1976; Nerdinger, 2019):

- *Anforderungsvielfalt:* Die Ausführung einer Aufgabe sollte eine Vielzahl unterschiedlicher Fähigkeiten und Kenntnisse der Beschäftigten erfordern, d.h. es sollte keine einseitige Beanspruchung erfolgen, sondern möglichst unterschiedliche motorische, intellektuelle und soziale Fähigkeiten zum Einsatz kommen.
- *Ganzheitlichkeit der Aufgabe:* Eine Aufgabe sollte ganzheitlich gestaltet sein, d.h. nicht nur reduzierte Teilschritte beinhalten, sondern eine Arbeit von Anfang bis Ende mit

einem sichtbaren Ergebnis darstellen. So können die Beschäftigten den Sinn und Stellenwert der eigenen Tätigkeit wahrnehmen.

- *Bedeutsamkeit der Aufgabe:* Eine Aufgabe sollte einen bedeutenden Einfluss auf das Leben oder die Arbeit anderer Personen haben, sei es in der unmittelbaren Organisation oder im externen Umfeld. Wenn Beschäftigte erkennen, wie ihre Arbeit anderen nützt, dann werden sie auch ihren Beitrag zu den Unternehmenszielen besser verstehen.
- *Autonomie:* Die Planung und Durchführung einer Aufgabe sollten eigenständig erfolgen können. Die Aufgabe sollte den Beschäftigten Freiheit in der Aufgabenerfüllung gewähren, z.B. indem sie die Arbeitsmittel selbst auswählen können und die Teilschritte eigenständig planen können.
- *Rückmeldung aus der Aufgabenerfüllung:* Beschäftigte sollten eine unmittelbare und eindeutige Rückmeldung über die Wirksamkeit der eigenen Leistung erhalten. Dadurch können Fehler korrigiert werden und ein Bewusstsein über die eigene Arbeitsleistung generiert werden.

Die ersten drei Merkmale, d.h. die Anforderungsvielfalt, Ganzheitlichkeit und Bedeutsamkeit, führen gemäß dem Job Characteristics Model zu einer erlebten Bedeutsamkeit der eigenen Arbeitstätigkeit und können sich dahingehend gegenseitig kompensieren. Autonomie führt seitens der Beschäftigten zu dem Gefühl, Einfluss nehmen zu können, wodurch ihr Selbstwertgefühl gestärkt wird und sie folglich eine Verantwortung für die Ergebnisse der eigenen Arbeitstätigkeit erleben. Die Rückmeldung aus der Aufgabenerfüllung führt dazu, dass Beschäftigte Kenntnis über aktuelle Resultate haben und so die Qualität der eigenen Arbeit kennen. Infolge dieser fünf Aufgabenmerkmale – vermittelt durch die in diesem Absatz beschriebenen psychologischen Erlebniszustände – resultieren hohe intrinsische Motivation, eine hohe Arbeitsqualität und Arbeitszufriedenheit, sowie eine niedrige Abwesenheit und Fluktuation (Hackman & Oldham, 1975, 1976; Nerdinger, 2019).

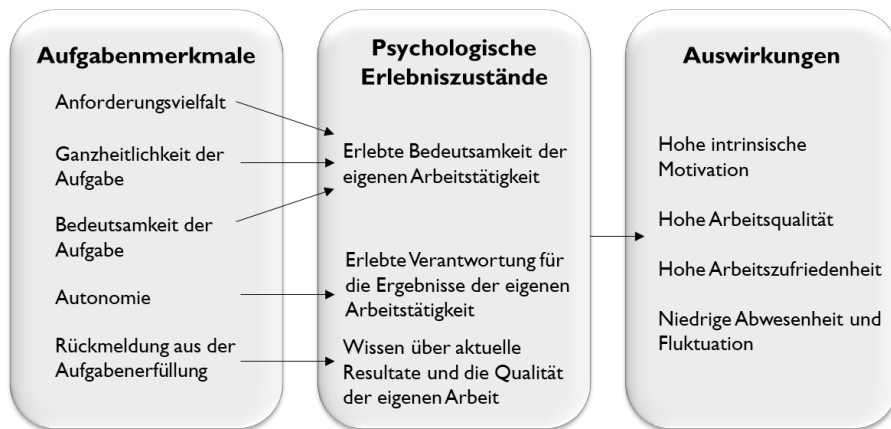


Abbildung 6. Das Job Characteristics Model nach Hackman und Oldham (1975, S. 161).

Im Rahmen der zunehmenden Automatisierung der Arbeitswelt besteht die erhöhte Gefahr, neue Technologien auf Kosten der im Modell identifizierten zentralen Arbeitsmerkmale einzuführen (vgl. Gagné et al., 2022; Langan-Fox et al., 2009; Parker & Grote, 2020; Tausch et al., 2022; Tausch & Kluge, 2022). So ist es bspw. vorstellbar, dass infolge der Automatisierung die Anforderungsvielfalt reduziert werden könnte, wenn aufgrund der Übertragung gewisser Aufgaben auf ein System nur noch einseitige Aufgaben für den Menschen überbleiben. Die Einführung von Automation könnte auch dazu führen, dass der Mensch nur noch Teilschritte ausführt, wodurch die Ganzheitlichkeit der Aufgaben verloren geht. Ebenso könnte die Einführung neuer Technologien auf Kosten der Autonomie seitens der Beschäftigten erfolgen, was folglich zu Einbußen in der Arbeitsmotivation, -leistung und -zufriedenheit führen kann.

Entsprechend sollte das Job Characteristics Model als Orientierung für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Automation herangezogen werden, so wie es bspw. Parker und Grote (2020) tun. Sie zeigen anhand zahlreicher Beispiele und Studien auf, wie sich neue Technologien in der Arbeitswelt unter Berücksichtigung der zentralen Aufgabenmerkmale des Job Characteristics Model positiv oder negativ auf das Wohlbefinden der Beschäftigten, deren Leistung und die Arbeitssicherheit auswirken können. Daraus leiten sie – unter Berücksichtigung der Arbeitsgestaltung, individueller Faktoren der Nutzenden, der Technologie selbst sowie übergeordneter Faktoren auf globaler, nationaler, organisationaler und beruflicher Ebene – vier Interventionsstrategien ab, die dazu beitragen sollen, dass der Einsatz neuer Technologien im Arbeitsfeld den erhofften Nutzen erbringen kann, d.h. dass die Nachteile nicht die Vorteile nullifizieren. Erstens postulieren sie, dass Arbeitsgestaltungsentscheidungen während der Technologieimplementierung proaktiv

berücksichtigt werden müssen (Strategie A). Zweitens sollten die Prinzipien des menschenzentrierten Designs (vgl. Kapitel 4.1) bei der Entwicklung und Beschaffung neuer Technologien explizit berücksichtigt werden (Strategie B). Drittens fordern sie Änderungen auf politischer Makroebene zur Unterstützung einer besseren Arbeitsgestaltung und menschenzentrierten Ansätzen (Strategie C). Viertens muss einerseits das direkt betroffene Personal für den Einsatz neuer Technologien im Arbeitsfeld entsprechend geschult und trainiert werden, aber auch alle anderen zentralen Stakeholder, wie Führungskräfte und Entwickler, sollten bzgl. der Relevanz menschenzentrierter Arbeitsgestaltung entsprechend ausgebildet werden (Strategie D). Parker und Grote (2020) erklären, dass diese Aspekte sich gegenseitig beeinflussen und gute Arbeitsgestaltung bedingen. Nur wenn diese Aspekte adäquat berücksichtigt werden, können positive Resultate unter Verwendung neuer Technologie erzielt werden, wie bspw. psychische und physische Gesundheit, Wohlbefinden, Arbeitszufriedenheit, Jobattraktivität, Lern- und Fähigkeitserhalt, eine positive Einstellung gegenüber der Technologie und gute Arbeitsleistung (Parker & Grote, 2020).

4.2.3 Die Handlungsregulationstheorie im Kontext einer menschengerechten Arbeitsgestaltung

Ein weiterer Ansatz menschengerechter Arbeitsgestaltung findet sich in der Handlungsregulationstheorie wieder. Die Handlungsregulationstheorie befasst sich damit, wie menschliches (Arbeits)handeln strukturiert ist.

Eine *Tätigkeit* ist ein „[g]rößere[s], zusammenhängende[s] Handlungsgefüge, [dessen] Ziel sehr komplex und nicht immer in seinen verschiedenen Aspekten bewußt ist“ (Volpert, 1987, S. 6). Unter einer *Handlung* wird „eine zeitlich in sich geschlossene, auf ein Ziel gerichtete sowie inhaltlich und zeitlich gegliederte Einheit der Tätigkeit, nämlich die kleinste psychologisch relevante Einheit willentlich gesteuerter Tätigkeiten von Individuen, Gruppen und Organisationen“ verstanden (Hacker, 1999, S. 386). *Handeln* umfasst ein „zielgerichtetes Verhalten, wobei das Ziel und die Bemühung, es zu erreichen, bewußt sind“ (Volpert, 1987, S. 6).

Die Handlungsregulationstheorie geht auf den kybernetischen Ansatz von G. A. Miller et al. (1973) zurück, die mit ihrem Test-Operate-Test-Exit-Modell (kurz: TOTE-Modell) postulieren, dass Verhalten hierarchisch organisiert ist. Jede Handlung weist die Grundform eines Regelkreises vor. Zunächst wird ein Handlungsziel gebildet und anschließend dieser Soll-Zustand mit dem Ist-Zustand verglichen (Test 1). Bei einer identifizierten Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Zustand wird zur Reduzierung dieser eine Aktivität ausgeführt, mit der die Umwelt

verändert wird (Operate). Anschließend wird der Ist-Soll-Abgleich erneut durchgeführt (Test 2). Diese Test-Operate-Abfolge geschieht so lange, bis der angestrebte Soll-Zustand, also das Ziel, erreicht wurde (Exit). Da jede Operate-Einheit ebenfalls aus weiteren TOTE-Einheiten besteht, ergibt sich eine verschachtelte hierarchische Struktur bestehend aus Handlungen und Teilhandlungen (G. A. Miller et al., 1973). Wenngleich das Modell vielfach kritisiert wurde, z.B. aufgrund seiner geschlossenen Struktur, die keine externen Umwelteinflüsse berücksichtigt (vgl. Schaper, 2019), bildet es die Grundlage für das von Hacker (1978) abgeleitete Konzept der VVR-Einheiten (Vergleichs-Veränderungs-Rückkopplungs-Einheiten), welches einen wichtigen Bestandteil der Handlungsregulationstheorie darstellt. Auch hier wird das angedachte Ziel mit dem aus einer Teilhandlung resultierten Ergebnis verglichen. Stimmt das zurückgemeldete Ergebnis mit dem angestrebten Zwischenziel überein, erfolgt die Fortsetzung der Handlung. Bei Diskrepanzen wird die zyklische Einheit wiederholt. Auch hier ergibt sich eine verschachtelte Struktur, da jede Veränderung aus weiteren VVR-Einheiten besteht. Im Gegensatz zum TOTE-Modell werden im Konzept der VVR-Einheiten auch Umweltfaktoren berücksichtigt. Zudem ist der Ausgangspunkt einer neuen Veränderung die zuvor rückgemeldete Diskrepanz, sodass nur selten eine Wiederholung derselben Teilhandlung erfolgt (Hacker, 1978).

Das Konzept der VVR-Einheiten wird der Handlungsregulationstheorie zugrunde gelegt. Sie geht davon aus, dass das Handeln aus vier Phasen besteht: Zunächst muss ein Ziel aus einer wahrgenommenen Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Zustand gebildet werden, welches anschließend im Rahmen einer Planungsphase in seine Teilziele zerlegt werden muss. Dann erfolgt die Durchführung dieser Teilziele und abschließend die Kontrolle der Zielerreichung. Diese Aufeinanderfolge wird in der Handlungsregulationstheorie als *zyklische Einheit* des Handelns bezeichnet. Um das übergeordnete Ziel erreichen zu können, müssen die untergeordneten Teilziele in einer geordneten Abfolge angegangen werden. Dies stellt die *sequentielle Ordnung* des Handelns dar. Zudem werden die zyklischen Einheiten in der Handlungsregulationstheorie um eine *hierarchische Ordnung* des Handels erweitert. So kann jede zyklische Einheit auf höheren Hierarchiestufen erweitert werden, d.h. mehrere Teilziele können in einem übergeordneten Ziel zusammengefasst werden. Ebenso kann jede zyklische Einheit auf niedrigeren Hierarchieebenen erweitert werden, d.h. jedes Teilziel besteht seinerseits wiederum aus mehreren untergeordneten Teilzielen. Je niedriger die Hierarchieebene, desto spezifischer sind die Teilziele. Insgesamt wird hierbei von der *hierarchisch-sequentuellen Handlungsregulation* gesprochen (Volpert, 1982, 1992), die vereinfacht in Abbildung 7 dargestellt ist.

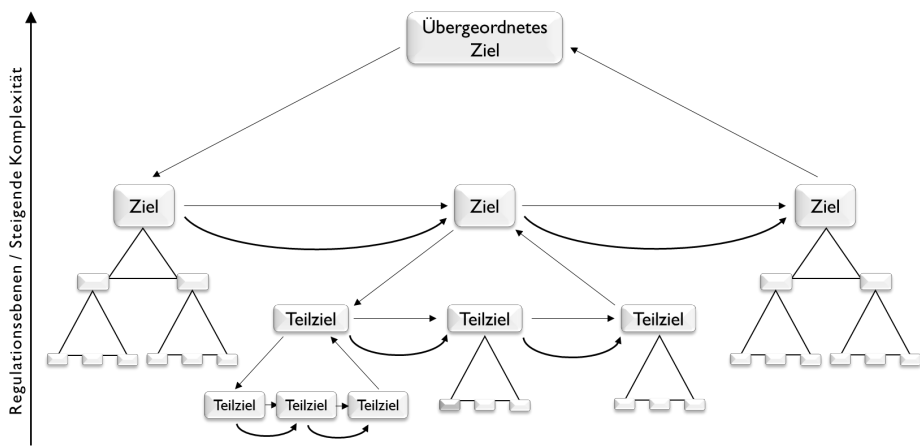


Abbildung 7. Das Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation (in Anlehnung an Volpert, 1982, S. 43).

Gemäß dem Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsregulation steigt also die Komplexität des Handlungsgefüges auf höheren Ebenen. So laufen die Handlungen auf unterer Ebene meist automatisiert ab, während die Handlungen auf höherer Ebene anspruchsvollere geistige Tätigkeiten darstellen (Hacker, 1978; Volpert, 1982). Folglich sind je nach Ebene unterschiedliche psychische Regulationserfordernisse vorhanden. Dies wird in der Handlungsregulationstheorie durch verschiedene *Regulationsebenen* dargestellt.

Hacker (1978, 2005) differenziert zwischen drei Regulationsebenen. Die unterste Ebene stellt die *sensumotorische Ebene* dar. Hier laufen v.a. automatisierte Bewegungsabläufe ab, über die Handelnde in der Regel nicht nachdenken müssen und die wenig Anstrengung erfordern. Sie sind nicht bewusstseinspflichtig. Ein Beispiel könnte, übertragen auf den Arbeitsplatz von Fluglots:innen, die Nutzung der Computermouse darstellen, was ohne große Anstrengung automatisiert erfolgt. So müssen Fluglots:innen nicht bewusst darüber nachdenken, wann sie die Maus wie in welche Richtung bewegen oder in welchen Situationen sie die rechte oder linke Maustaste klicken müssen oder wie das Scrollrad zu bedienen ist. Dies stellen in der Regel automatisierte Bewegungsabläufe dar. Die zweite Ebene stellt die wissensbasierte, *perzeptiv-begriffliche Ebene* dar. Hier werden allgemeine Aktivitätseinheiten, die häufig ausgeführt werden und somit bereits abgespeichert sind, herangezogen und situationsspezifisch angepasst. Zur Aktivierung dieser allgemeinen Handlungsschemata bedarf es meist nur bestimmter Signale. In diesem Zusammenhang wird auch von *flexiblen Handlungsmustern* (Hacker, 2005) gesprochen, da nach Wahrnehmung bestimmter Signale zwar ein bereits bekanntes

gleichbleibendes Handlungsschemata herangezogen wird, welches jedoch je nach Situation angepasst wird. Handlungen auf dieser Ebene sind bewusstseinsfähig, d.h. sie können eine bewusste Steuerung erfordern, müssen es aber nicht zwingend (Hacker, 1978, 2005). Im Kontext der Flugsicherung könnten dazu bspw. häufig auftretende Verkehrssituationen zwischen zwei Flugobjekten oder im Rahmen von Flughafenanflügen zählen, die entsprechend immer wieder auf ähnliche Art und Weise gelöst werden können. Die *intellektuelle Ebene* stellt die dritte und höchste Regulationsebene dar. Hier werden komplexe Gegebenheiten analysiert und anhand dessen Handlungspläne entwickelt, verschiedene Alternativen berücksichtigt oder mögliche Probleme durchdacht. Diese Ebene ist voll bewusstseinspflichtig (Hacker, 1978, 2005). Übertragen auf die Fluglots:innen-Tätigkeit könnten hierzu abnormale Situationen zählen, z.B. bei außerordentlich hohem Verkehrsaufkommen, schlechten Wetterlagen, Notfällen oder Automationsfehlern.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass Oesterreich (1981) die Einteilung auf insgesamt fünf Ebenen erweitert hat, da er die Auffassung vertrat, dass die oberen Ebenen nicht differenziert genug seien. Die erste und somit unterste Ebene stellt dabei die konkrete *Handlungsausführung* dar und umfasst in etwa die sensumotorische und perzeptiv-begriffliche Ebene von Hacker. Die *Handlungsplanung* stellt nach Oesterreich (1981) die übergeordnete zweite Ebene dar und gleicht der intellektuellen Ebene von Hacker. Hier wird der Weg zum Ziel geplant und über einzelne Handlungen entschieden. Im Rahmen der dritten Ebene, der *Zielplanung*, werden die konkreten Ziele abgeleitet und priorisiert, während auf der vierten Ebene, der *Bereichsplanung*, die Handlungen in verschiedenen Handlungsbereichen koordiniert werden. Im Vordergrund steht dabei die Aufrechterhaltung und Erhöhung der Regulierbarkeit der kompletten Tätigkeit. Die oberste Ebene stellt die *Erschließungsplanung* dar, wobei neue Handlungsbereiche jenseits der aktuellen Tätigkeit erschlossen werden (vgl. Dettmers & Bamberg, 2012). Wie auch schon an der Benennung der Ebenen deutlich wird, steht im Zentrum dieser Einteilung, im Gegensatz zu Hackers Drei-Phasen-Modell, weniger die Handlungsausführung, sondern vielmehr die Klassifikation verschiedener Anforderungsebenen im Rahmen der Handlungsplanung (vgl. Schaper, 2019).

Vor dem Hintergrund der Handlungsregulationstheorie lassen sich nach Hacker (2005) vollständige und partialisierte bzw. unvollständige Tätigkeitsformen ableiten. Konkret wird zwischen sequentieller und hierarchischer (Un)vollständigkeit unterschieden. Eine *sequentielle Vollständigkeit* liegt vor, wenn alle Phasen des Handlungsprozesses ausgeführt werden, d.h. wenn neben der reinen Ausführung der Arbeitsaufgabe auch das Vorbereiten (z.B. Planung und

Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel), das Organisieren (z.B. Abstimmung mit vor- und nachgelagerten Tätigkeiten) oder das Kontrollieren der Arbeitsaufgabe (z.B. Überprüfung der Zielerreichung und ggf. Entscheidung über weitere Handlungen) integriert werden. Erhalten Beschäftigte bspw. nur einen ausführenden Arbeitsauftrag, ohne in die vorbereitenden, organisatorischen oder kontrollierenden Prozesse eingebunden zu werden, liegt für sie eine sequentiell unvollständige Arbeitsaufgabe vor. Dies ist z.B. der Fall im Rahmen von Fließbandarbeiten, bei denen häufig immer wieder die gleiche ausführende Tätigkeit ausgeübt wird. Eine *hierarchische Vollständigkeit* liegt vor, wenn eine Tätigkeit auf allen Regulationsebenen (sensumotorisch, perzeptiv-begrifflich und intellektuell) ausgeführt wird, d.h. wenn sie wechselnde Ebenen kognitiver Regulationserfordernisse beinhaltet. Um hierarchische Vollständigkeit zu erreichen, dürfen bspw. nicht nur automatisierte Routinearbeiten Bestandteil der Arbeitstätigkeit sein, sondern im Optimalfall sollte ein Wechsel zwischen einfachen, automatisierten Handlungen, wissensbasierten Handlungen und Problemlösehandlungen erfolgen. Üblicherweise erfordern das Vorbereiten, Organisieren und Kontrollieren von Arbeitsaufgaben höhere kognitive Ebenen, sodass die sequentielle und hierarchische Vollständigkeit nicht ganz unabhängig voneinander sind. Zusammengefasst lassen unvollständige Tätigkeiten keinen Tätigkeitsspielraum zu (Hacker, 2005).

Ulich (2007) leitet basierend auf Hackers Konzept zentrale Merkmale vollständiger Arbeitsaufgaben ab:

1. die selbstständige Zielsetzung;
2. die eigenständige Handlungsvorbereitung, d.h. dass die Planungsfunktion wahrgenommen wird;
3. die Übernahme der Organisation und Entscheidungsfindung, z.B. welche Arbeitsmittel eingesetzt werden;
4. die eigentliche Ausführung, inklusive Feedback, um daraus die Handlung ggf. korrigieren zu können; und
5. die Überprüfung der Zielerreichung, d.h. eine Kontrolle mit Feedback bzgl. der Resultate.

Zahlreiche Studien belegen die Wichtigkeit von vollständigen Arbeitsaufgaben bzw. die Gefahren von unvollständigen Arbeitsaufgaben für Mitarbeitende, die auch im Rahmen der Automatisierung berücksichtigt werden sollten. Durch unvollständige Arbeitsaufgaben können keine förderlichen Arbeitsinhalte für die Beschäftigten entstehen (Hacker, 2005). Sie können ihre Fähigkeiten und ihr Wissen nicht vollends einsetzen, wodurch Demotivation und

Kompetenzverluste verzeichnet werden (Dettmers & Bamberg, 2012; Hacker, 1991). Ihr Bedürfnis nach Betätigung bleibt unerfüllt und sie können sich nicht weiterentwickeln und lernen (Hacker, 2005; Oesterreich & Volpert, 1999). Daraus resultiert ein Monotonieerleben, die Arbeitszufriedenheit der Betroffenen sinkt und der Sinn der Arbeit geht verloren (Hacker, 1991). Unvollständige Aufgaben führen zudem zu einem höheren Stresserleben (Ulich, 2011) und können die psychische Gesundheit gefährden (Hacker, 1991, 2005). Beschäftigte mit vollständigen Aufgaben hingegen kennen die Bedeutung und den Stellenwert der eigenen Tätigkeit besser (Ulich, 2011). Vollständige Arbeitsaufgaben sind für die Leistungsmotivierung, das Wohlbefinden und die Gesundheit förderlich (vgl. Hacker, 2005).

In Bezug auf die Gestaltung der HAI lassen sich anhand der Handlungsregulationstheorie zusammenfassend folgende zentrale Aspekte ableiten: Eine Arbeitsaufgabe sollte trotz Automationsnutzung immer ganzheitlich gestaltet sein und verschiedene Regulationsanforderungen vereinen, d.h. einen erweiterten Handlungs- und Entscheidungsspielraum gewähren. Automatisierung sollte nicht auf Kosten vollständiger Arbeitsaufgaben erfolgen. Nur so kann eine Arbeitsaufgabe zur Persönlichkeitsentwicklung beitragen (Hacker, 2005; Schaper, 2019). Vor dem Hintergrund zunehmender Automatisierung stellt dies jedoch in der Praxis eine große Herausforderung dar. Durch Automatisierung werden nicht selten einst vollständige Aufgaben zu unvollständigen Aufgaben, da einzelne Teilhandlungen, die einst vom Menschen ausgeführt wurden, auf ein System übertragen werden (z.B. Hacker & Sachse, 2014; Tausch et al., 2020; Umbach et al., 2020).

4.3 Joint Cognitive System

Ein weiteres Modell, das als Orientierung zur Gestaltung der HAI herangezogen werden kann und eine menschenzentrierte Perspektive vertritt, stellt das Konzept des *Joint Cognitive Systems* (JCS) dar. Es knüpft am soziotechnischen Systemansatz an (vgl. Einleitung in Kapitel 4) und stellt ein zentrales Hintergrundmodell zur Gestaltung der HAI im Rahmen der vorliegenden Arbeit dar. Es lässt sich dem in Kapitel 2 eingeführten Resilience Engineering zuordnen, da es sich mit der Widerstandsfähigkeit und Adaptionfähigkeit von soziotechnischen Systemen befasst (Hollnagel et al., 2006). Das JCS bezieht sich auf Systeme, in denen Mensch und Automation zusammenarbeiten, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen (Hollnagel, 2003; Hollnagel & Woods, 2005; Woods & Hollnagel, 2006). Der Begriff geht auf Hollnagel und Woods zurück und entspringt dem Cognitive Systems Engineering, welches von den Autoren stark geprägt wurde. Hollnagel und Woods (2005) vertreten die Auffassung, dass mit herkömmlichen Bezeichnungen, wie bspw. der Mensch-Maschine-Interaktion, der Mensch auf

der einen Seite und die Technik auf der anderen Seite klar voneinander differenziert und getrennt betrachtet werden. Erst durch die Interaktion erfolgt ein Zugang zueinander. Die Autoren erklären, dass dadurch der Blick auf das Gesamtsystem, bestehend aus Mensch *und* Technik in einem organisationalen Kontext, zunehmend in den Hintergrund gerät. Folglich entwickeln sie das Konzept eines JCS, das eine „human-machine coagency“ (Hollnagel & Woods, 2005, S. 42), also eine gemeinsame Handlungsfähigkeit von Mensch und Technik, zugrunde legt. Sie stellen den Vergleich zur Leistung einer Gruppe von Menschen her, z.B. einer Organisationsabteilung, und erklären, dass hier letztlich die Gesamtleistung der Gruppe sowie die Kooperation der Systemkomponenten miteinander – und weniger die individuelle Leistung – entscheidend sind. Dies wird in ihrem Konzept durch den Begriff „joint“ hervorgehoben. Unter einem kognitiven System verstehen sie „a system that can modify its behaviour on the basis of experience so as to achieve specific anti-entropic ends“ (Hollnagel & Woods, 2005, S. 22). Der Ausdruck „anti-entropic“ bezieht sich auf die Thermodynamik und beschreibt die Fähigkeit eines Systems, mit störenden Einflüssen umgehen zu können und das eigene Handeln zu kontrollieren. Menschen stellen folglich ein natürliches kognitives System dar, wohingegen die Technik in vielen Fällen als ein künstliches kognitives System betrachtet werden kann (Hollnagel & Woods, 2005).

Konkret setzt sich ein JCS nach Hollnagel und Woods (2005) entweder (a) aus einem kognitiven System und einem Artefakt oder (b) aus zwei kognitiven Systemen oder (c) aus einem kognitiven System und einem weiteren JCS zusammen. Ein Artefakt wird hier allgemeingültig im Sinne einer technischen Einheit verwendet, die dazu dient, eine spezifische Funktion im Rahmen einer größer angelegten (Arbeits)tätigkeit auszuführen oder dabei zu unterstützen, wie bspw. ein Computersystem, ein Flugzeug oder ein organisationaler Prozess. Der technische Fortschritt ermöglicht es, Artefakte auch zur Unterstützung anspruchsvollerer kognitiver Funktionen, wie zur Vorhersage oder Entscheidungsfindung, zu entwickeln. Einige Artefakte können sogar selbst rudimentäre kognitive Systeme darstellen, wenn sie eigens in der Lage sind, die Kontrolle aufrechtzuerhalten (Hollnagel & Woods, 2005).

Ein Beispiel für ein JCS Typ (a) stellt der Zusammenschluss von Fluglots:in und Radarschirm dar, wobei mit „Radarschirm“ die reine Fluglagendarstellung ohne jegliche Art von Automation im Sinne eines Artefakts gemeint ist. Die Zusammensetzung der beiden Fluglots:innen, die gemeinsam für einen Sektor verantwortlich sind, wäre ein JCS nach Typ (b) und beschreibt die Fluglots:innen-Koordination. Ähnlich wäre auch die Zusammensetzung aus Fluglots:in und Automation ein JCS nach Typ (b) und würde sich hiermit auf die gemeinsame Aufgabe

beziehen, den Luftverkehr sicher und geordnet zu leiten. Ein JCS nach Typ (c) würde bspw. dann vorliegen, wenn man das Fluglots:innen-Team und die Automation oder den/die Fluglots:in, die Automation und den/die Pilot:in im zu kontrollierenden Flugzeug gemeinschaftlich betrachtet.

Abbildung 8 zeigt das *Contextual Control Model* nach Hollnagel und Woods (2005). Dieses zyklische Modell erklärt, wie ein JCS die Kontrolle über die eigenen Handlungen behält und auf Ereignisse aus der Umwelt reagiert. Durch die zyklische Darstellung soll die sogenannte Coagency zwischen Mensch und Technik hervorgehoben werden. Ein JCS erhält Informationen bzgl. aktueller Ereignisse. Daraus leitet sich das aktuelle Situationsverständnis (Konstrukt) ab, welches das Handeln des Systems (Aktion) bestimmt. Anschließend erfolgt eine Rückmeldung über diese Aktion. Dadurch schließt sich der Kreislauf und der Prozess beginnt erneut (Hollnagel & Woods, 2005). Führt die Aktion zum erwarteten Ergebnis, wird das zugrunde liegende Situationsverständnis bestärkt und die Auswahl der nächsten Aktion erleichtert. Führt eine Aktion nicht zum angestrebten Ergebnis, muss diese Differenz zwischen erwartetem und tatsächlichem Zustand ausgeglichen werden. Der Mensch muss folglich sein Situationsverständnis korrigieren. Das Gleiche erfolgt auch, wenn eine unbekannte Störung eintritt. In beiden Fällen erfordern die Situationsbewertung und die Auswahl der nächsten Aktion mehr Zeit und Anstrengung (Hollnagel, 2003).

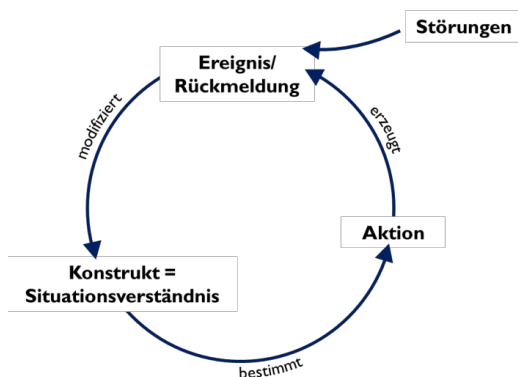


Abbildung 8. Contextual Control Model (in Anlehnung an Hollnagel & Woods, 2005, S. 20).

Durch den zyklischen Ablauf gibt es keinen Anfang und kein Ende. Aktionen basieren auf früheren Aktionen und antizipieren zukünftige Aktionen. Das Modell kombiniert somit eine Feedback- und eine Feedforward-Schleife. Menschliches Verhalten wird nicht als eine einzige Reaktion auf einen Eingangsreiz betrachtet, sondern als eine zusammenhängende Abfolge von

Handlungen (Hollnagel & Woods, 2005). Diese Auffassung entspricht dem der Handlungsregulationstheorie zugrunde liegenden TOTE-Ansatz nach G. A. Miller et al. (1973) sowie dem Konzept der VVR-Einheiten nach Hacker (1978) (vgl. Kapitel 4.2.3).

Mit dem Konzept eines JCS werden folglich Mensch und Technik nicht mehr als zwei separate Einheiten im Sinne einer Co-Existenz betrachtet, sondern als eine *gemeinsame* Einheit (Abbildung 9). Hollnagel und Woods (2005) betonen:

„This change is consistent with the principle that humans and machines are ‘equal’ partners, and that they therefore should be described on equal terms. Humans should not be described as if they were machines, nor should machines be described as if they were humans.” (S. 67)

Mit diesem Zitat wird deutlich, dass Mensch und Automation im Sinne des JCS als gleichwertige Partner:innen in einem Team verstanden werden, wenngleich der Mensch menschlich und die Automation technisch bleibt. Damit läuft ein JCS nicht nur auf eine Interaktion, sondern auch auf ein Teaming im Sinne eines HATs (vgl. Kapitel 3.1) hinaus.

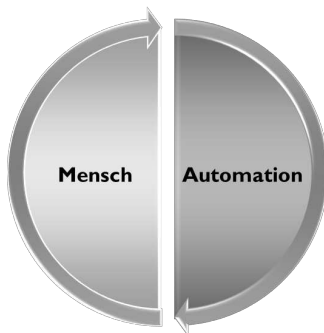


Abbildung 9. Das Konzept eines Joint Cognitive Systems.

Hinter dem Konzept eines JCS steckt die Auffassung, dass Technologie komplex ist und Systeme so gestaltet werden müssen, dass sowohl menschliche Grenzen als auch Potentiale adäquat berücksichtigt werden (Hollnagel & Woods, 2005; Woods & Hollnagel, 2006). Auch einige HROs, wie die Flugsicherung, folgen zunehmend dem Paradigma eines JCS. Diese Perspektive impliziert eine Systementwicklung unter Berücksichtigung der veränderten menschlichen Rolle sowie den neuen Anforderungen an den Bedienenden im organisationalen Kontext (Potter et al., 2006), was auch im Rahmen dieser Forschungsarbeit berücksichtigt wird.

Der JCS-Ansatz setzt demnach am soziotechnischen Systemansatz und damit am MTO-Konzept an. Auch im JCS-Konzept wird der Mensch in Wechselbeziehung mit der Automation im organisationalen Kontext betrachtet. Das JCS-Konzept fordert jedoch, in Abgrenzung zum MTO-Konzept, nicht nur Mensch und Technik in Wechselbeziehung zueinander zu betrachten, sondern sie stets als *eine* Einheit anzusehen. Zudem gehen Hollnagel und Woods (2005) mit ihrem JCS-Ansatz noch einen Schritt weiter, indem sie sich, wie zuvor dargelegt, auch mit der Funktionsweise eines solchen Systems befassen.

Inagaki (2010) zeigt auf, dass es im Sinne des JCS-Paradigmas nicht immer die weiseste Entscheidung ist, dem Menschen die Kontrolle über den Prozess zu überlassen. Das JCS-Konzept strebt eine Kooperation zwischen Mensch und Technik an, bei der die jeweiligen Fähigkeiten und Limitationen situationsabhängig berücksichtigt werden (Hollnagel, 2003). Es wird also angenommen, dass sowohl Mensch als auch Technik, je nach Situation und Kontext, eigene Grenzen haben. Folglich wäre es gemäß dem Konzept nicht sinnvoll, strikt davon auszugehen, dass der Mensch immer die Kontrolle besitzen muss. Vielmehr wird gefordert, dass Funktionen und damit auch die Kontrolle zwischen Mensch und Automation situationsspezifisch verteilt werden, da Fähigkeiten, Grenzen und Bedürfnisse im Laufe der Zeit variieren und von der konkreten Situation abhängen können (Hollnagel, 2003; Inagaki, 2010). Dies geht mit dem Erfordernis einer flexiblen Funktionsallokation einher, welche im Kapitel 12 noch einmal aufgegriffen wird.