

## **Technische Anlagemodernisierungen: Herausforderung für eine soziotechnische Systemgestaltung**

Nicole MÜLLER<sup>1</sup>, Nicole STOLLER<sup>1</sup>, Katja ISELI<sup>2</sup>, Annelies BOUTELLIER<sup>2</sup>,  
Katrin FISCHER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut Mensch in komplexen Systemen, Hochschule für Angewandte Psychologie,  
Fachhochschule Nordwestschweiz,  
Riggenbachstrasse 16, CH-4600 Olten*

<sup>2</sup> *Kernkraftwerk Leibstadt AG,  
CH-5325 Leibstadt*

**Kurzfassung:** Bei Anlagemodernisierungen in Unternehmen steht die Technik häufig im Fokus, während Arbeitsprozesse und -aufgaben für die Mitarbeitenden oft erst reaktiv angepasst werden. Um negative Auswirkungen auf die Arbeitssituation der Mitarbeitenden zu vermeiden, benötigen die sozialen Komponenten eines Arbeitssystems daher besondere Aufmerksamkeit. Im Rahmen einer Anlagemodernisierung in einem Schweizer Industriewerk wurden die Folgen auf die Arbeitssituation der Mitarbeitenden anhand einer soziotechnischen Systemanalyse bewertet. Darauf aufbauend wurde ein Instrument entwickelt, das es dem Unternehmen für zukünftige Modernisierungsprojekte ermöglicht, prospektiv deren Auswirkungen auf die Human- und Organisationsfaktoren abzuschätzen und vorausschauend positiv zu gestalten.

**Schlüsselwörter:** Soziotechnische Systemgestaltung,  
Anlagemodernisierung, Human- und Organisationsfaktoren

### **1. Einleitung / Ausgangslage**

Modernisierungsprojekte in Unternehmen führen nicht nur zu technischen Anpassungen, sondern haben in vielen Fällen auch Einfluss auf die Arbeitsprozesse und Arbeitsaufgaben der Personen, die mit der Technik arbeiten oder sie bedienen. Da technische und soziale Komponenten eines Arbeitssystems miteinander interagieren, sind neben Veränderungen des physischen Arbeitsplatzes und der Arbeitsmittel auch mögliche Veränderungen in der Interaktion zwischen Menschen und Maschine zu beachten (Ulich 2013). Das kann sowohl veränderte Arbeitsabläufe als auch neue Koordinations- und Kooperationsprozesse bedeuten. Durch diese Veränderungen können sich Belastungen und damit erlebte Beanspruchungen für die Mitarbeitenden verringern oder erhöhen.

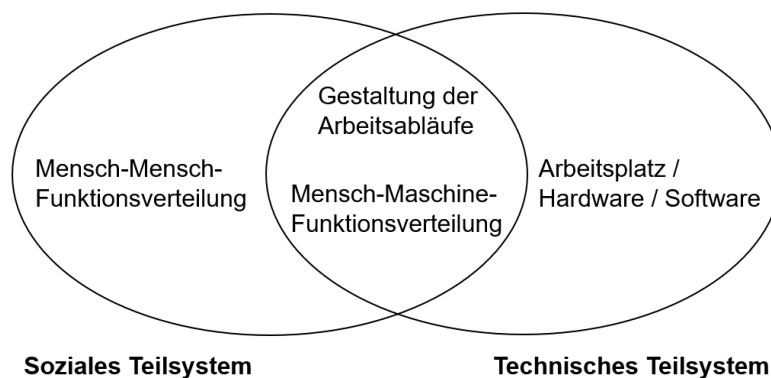
Nach wie vor werden Arbeitssysteme häufig nicht proaktiv nach arbeitspsychologischen Kriterien gestaltet, sondern primär durch technische Entwicklungen bestimmt. Der technische Fortschritt kann dabei für die Menschen im Arbeitssystem gleichzeitig Risiken und Chancen bergen (Pasmore et al. 2019). Um ein unterstützendes Arbeitsumfeld zu gestalten und das Zusammenspiel zwischen Menschen und Maschine zu optimieren, ist jedoch eine systematische und möglichst prospektive

Berücksichtigung der Human- und Organisationsfaktoren in technischen Modernisierungsprojekten notwendig.

Im Beitrag wird anhand einer Fallstudie aufgezeigt, wie sich eine technische Modernisierung in einem Industriewerk auf die Arbeitssituation und die Arbeitsprozesse der Mitarbeitenden auswirkte und wie die Human- und Organisationsfaktoren in künftigen Modernisierungsprojekten systematisch berücksichtigt werden können.

## 2. Theoretischer Hintergrund

Zur Untersuchung komplexer Arbeitssysteme ist eine möglichst ganzheitliche Betrachtung notwendig. Analysiert werden sollten dabei nicht nur die technischen, menschlichen und organisationalen Faktoren, sondern auch die Schnittstellen und Wechselwirkungen zwischen den sozialen und den technischen Komponenten (Ulich 2013).



**Abbildung 1:** Soziotechnisches System mit Darstellung der Wechselwirkung zwischen dem sozialen und technischen Teilsystem an den Schnittstellen.

Abbildung 1 zeigt das dem Beitrag zugrunde liegende arbeitspsychologische Modell: Ein soziotechnisches Arbeitssystem besteht aus einem sozialen und einem technischen Teilsystem, die je für sich sowie in Interaktion miteinander stehen (Ulich 2013). Während die *Mensch-Mensch-Funktionsverteilung* dem sozialen, der *Arbeitsplatz/Hardware/Software* dem technischen Teilsystem zugeordnet werden, befinden sich die *Gestaltung der Arbeitsabläufe* und die *Mensch-Maschine-Funktionsverteilung* an der Schnittstelle zwischen den beiden Teilsystemen. Die darin aufgeführten Elemente (z. B. Gestaltung der Arbeitsabläufe, Mensch-Mensch-Funktionsverteilung) wurden vom Modell der Mensch-Maschine-Systemgestaltung nach Oppermann und Reiterer (1994) abgeleitet. Dieses wurde von den Autoren ursprünglich für die Gestaltung und Evaluation von EDV-Systemen, insbesondere von Benutzerschnittstellen, entwickelt. Sie betonen, dass bei der Evaluation und Gestaltung von Benutzerschnittstellen die Betrachtung der organisatorischen Komponenten (z. B. Zuständigkeiten, Arbeitsaufteilung) den technischen mit Software und Hardware vorausgehen sollte. Dabei sollen arbeitswissenschaftliche Kriterien wie menschengerechte Gestaltung der Arbeitsaufgabe, Ergonomie des Arbeitsplatzes/der Software, Durchschaubarkeit des Arbeitsprozesses oder die Berücksichtigung angemessener Belastungen und Beanspruchungen berücksichtigt werden (Oppermann & Reiterer 1994).

Technische Erneuerungen sind häufig der Treiber für Anlagemodernisierungen, deshalb wird das soziale Teilsystem oft erst nachgelagert, d.h. reaktiv, und manchmal auch nur unzureichend aktiv gestaltet. Die Evolution des sozialen Teilsystems kann häufig mit dem rasanten technischen Fortschritt nicht mithalten (Pasmore et al. 2019). Jedoch führt die Konzentration auf technische Machbarkeit zu einer Unterschätzung der arbeitsorganisatorischen und strukturellen Aspekte von Unternehmen (Sträter & Bengler 2019). Nach Modernisierungsprojekten besteht daher vorwiegend im sozialen Teilsystem – weniger im technischen Teilsystem – größeres Optimierungspotential, um das gesamte Arbeitssystem nach der Veränderung wieder optimal auszurichten.

### 3. Methodik

Untersucht wurden die Auswirkungen einer umfangreichen technischen Anlagemodernisierung auf die Human- und Organisationsfaktoren in einem Industriewerk in der Schweiz. Dafür wurden im Zeitraum von Januar bis April 2022 entlang des Explanatory Sequential Designs nach Creswell und Plano Clark (2011) sowohl qualitative als auch quantitative Daten erhoben und ausgewertet.

*Dokumentenanalyse:* Neben spezifischen Dokumenten zur technischen Anlageerneuerung wurden Dokumente zur Struktur und Organisation des Werks gesichtet. Die Informationen wurden genutzt, um eine Kenntnisgrundlage zum soziotechnischen System des Industriewerks zu schaffen und die relevanten Themen für den Leitfaden der Experteninterviews zu identifizieren.

*Experteninterviews:* In halbstandardisierten Interviews wurden neun Expertinnen und Experten des Werks zu Arbeitsaufgaben und -bedingungen im Werk sowie den Auswirkungen auf ebendiese durch die Anlagemodernisierung befragt. Anhand der Aussagen wurden Schwerpunkte für die Online-Umfrage eruiert.

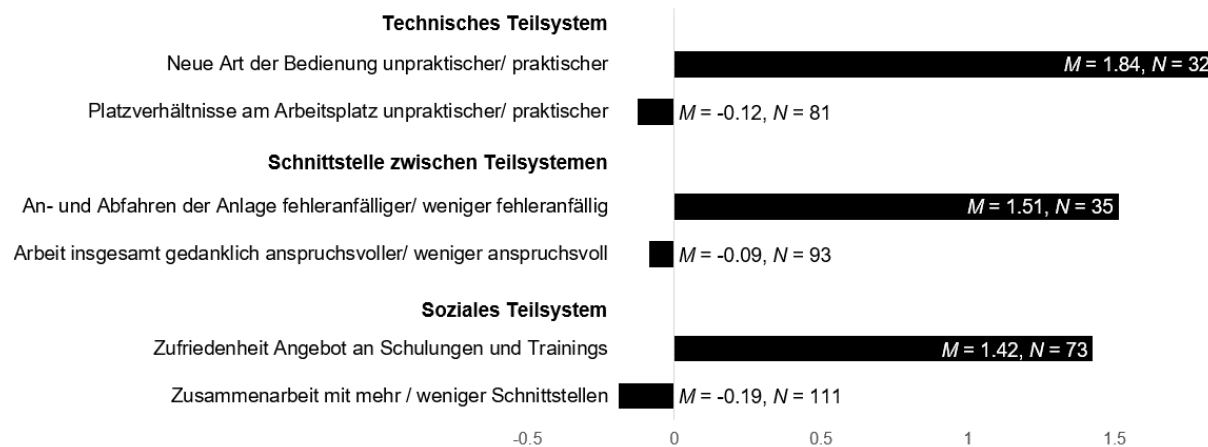
*Online-Umfrage:* Zur Online-Umfrage wurden alle von der Anlagemodernisierung direkt oder indirekt betroffenen Mitarbeitenden eingeladen. Von den 370 Ange-schriebenen haben 138 Personen den Fragebogen vollständig ausgefüllt, was einem Rücklauf von 37 % entspricht. Anhand der Umfrage sollten positive und negative Auswirkungen auf die Arbeitssituation durch die Anlagemodernisierung sowie mögliche Risiken identifiziert werden. Inhaltlich orientierte sich der Aufbau des Fragebogens am Modell der Mensch-Maschine-Systemgestaltung (adaptiert nach Oppermann & Reiterer 1994). Die 43 Items deckten die Themenbereiche *Arbeitsplatz/Hardware/Software* (z. B. Bedienung am Bedienpult, Platzverhältnisse), *Mensch-Maschine-Funktionsverteilung* (z. B. Verfügbarkeit technisch-fachlicher Informationen, gedanklich anspruchsvollere / weniger anspruchsvolle Arbeit), *Gestaltung der Arbeitsabläufe* (z. B. An- / Abfahren der Anlage, Überprüfen des Anlagezustands) und *Mensch-Mensch-Funktionsverteilung* (z. B. Zusammenarbeit an Schnittstellen, Verantwortung) ab. Die Bewertung erfolgte größtenteils auf einer 7-stufigen Skala unter Verwendung des semantischen Differentials. Die Skala reichte von -3 bis +3, wobei Minuswerte (mit wenigen Ausnahmen) arbeitspsychologisch ungünstige und Pluswerte arbeitspsychologisch günstige Ausprägungen bedeuteten. Der Skalenpunkt in der Mitte entsprach einer neutralen Bewertung (unverändert oder teils, teils). Einige Fragen betrafen nur Mitarbeitende bestimmter Abteilungen; diese wurden nach Angabe der Abteilungszugehörigkeit automatisch gefiltert, was zu unterschiedlichen Stichprobengrößen pro Item führte.

## 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen insgesamt ein positives Bild der Arbeitssituation nach der Anlagemodernisierung. Die besten Werte, d. h. die positivsten Veränderungen für die Mitarbeitenden, finden sich – wie erwartet – bei den Elementen des technischen Teilsystems. So wurde beispielsweise die *Bedienung am Bedienpult* nach der Modernisierung als *praktischer* und *weniger fehleranfällig* bewertet.

An der Schnittstelle zwischen den beiden Teilsystemen – in der Gestaltung der Arbeitsabläufe und der Mensch-Maschine-Funktionsverteilung – zeigten sich mittlere bis gute Ergebnisse. So wurde z. B. das *An- und Abfahren der Anlage* als *weniger fehleranfällig*, *weniger aufwendig* und *nachvollziehbarer* bewertet. Eher unverändert wurden Themen rund um die Mensch-Maschine-Funktionsverteilung bewertet. Ein Großteil der Befragten gab an, dass ihre Arbeit bezüglich *körperlicher Belastung* sowie *Monotonie* respektive *Abwechslung* unverändert geblieben ist.

Am schlechtesten wurden die Elemente des sozialen Teilsystems bewertet. Dies betrifft v. a. Veränderungen in den Koordinations- und Kooperationserfordernissen sowie in den Verantwortlichkeiten der Mitarbeitenden. Einerseits gaben die Befragten an, nach dem technischen Umbau zur Erfüllung ihrer Aufgaben eine Zusammenarbeit mit *mehr Schnittstellen* zu haben und diese als *belastender* zu erleben. Andererseits gaben die Befragten an, durch die Veränderungen im Zusammenhang mit der technischen Modernisierung in ihrer Funktion *mehr Verantwortung* zu tragen und diese als *belastender* zu erleben.



Anmerkung. Skalierung von -3 (negative Ausprägung) bis +3 (positive Ausprägung)

**Abbildung 2:** Höchste und tiefste Mittelwerte im technischen Teilsystem, an den Schnittstellen zwischen den Teilsystemen und im sozialen Teilsystem.

Abbildung 2 zeigt aus den Bewertungen der 43 Items eine Auswahl der jeweils höchsten und tiefsten Mittelwerte pro Teilbereich. Daraus lässt sich ein Muster erkennen, das darauf hindeutet, dass die Werte besser sind, je näher am technischen Teilsystem, respektive schlechter, je weiter weg vom technischen Teilsystem das Thema liegt.

#### 4.1 Technisches Teilsystem

Im technischen Teilsystem erreichte die *neue Art der Bedienung am Bedienpult* mit  $M = 1.84$  den höchsten Mittelwert, während die *Platzverhältnisse am Arbeitsplatz* mit  $M = -0.12$  die tiefste Bewertung erzielten. Wobei dies den einzigen negativen Wert im technischen Teilsystem darstellt. Zusammen mit den *Arbeitsbedingungen bezüglich Beleuchtung, Lärm und Klima*, die von einem Großteil der Befragten unverändert ( $M = 0.12$ ) bewertet wurden, sind das die deutlich tiefsten Werte.

#### 4.2 Schnittstelle zwischen technischem und sozialem Teilsystem

An der Schnittstelle zwischen technischem und sozialem Teilsystem erreichte das *An- und Abfahren der Anlage* mit  $M = 1.51$  den höchsten Mittelwert, wurde also am besten bewertet, während das Element, wie *gedanklich anspruchsvoll die Arbeit wahrgenommen* wird, mit  $M = -0.09$  die tiefste Bewertung erzielte. Der Anteil an Befragten, die ihre Arbeit insgesamt als gedanklich anspruchsvoller bewerteten, war leicht größer als der Anteil an Personen, die ihre Arbeit insgesamt als gedanklich weniger anspruchsvoll beurteilten. Hier können beide Pole, abhängig von der Ausgangslage, als positive oder als negative Entwicklung der Arbeitssituation interpretiert werden. Es könnte als positives Zeichen im Sinne einer Entlastung der Mitarbeitenden gesehen werden. Es ist aber nicht auszuschließen, dass dadurch die Arbeit eintöniger und monotoner und damit die Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit erschwert wurde.

#### 4.3 Soziales Teilsystem

Im sozialen Teilsystem erreichte die *Zufriedenheit mit dem Angebot an Schulungen und Trainings* mit  $M = 1.42$  den höchsten Mittelwert, während die *Zusammenarbeit mit mehr Schnittstellen* mit  $M = -0.19$  die tiefste Bewertung erzielte. Generell handelt es sich um das Teilsystem mit dem größten Anteil an negativen Bewertungen. Neben der Zusammenarbeit mit der größeren Anzahl Schnittstellen wurde auch die Zunahme an Verantwortung als belastender bewertet. Aber auch im sozialen Teilsystem gab es gute Werte. Neben der Zufriedenheit mit dem Angebot an Schulungen und Trainings wurde die Verfügbarkeit von Fachwissen und Dokumentationen gut bewertet. Die Zufriedenheit mit dem Angebot an Schulungen und Trainings für Störfälle war mitunter eines der am besten bewerteten Elemente insgesamt.

### 5. Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Fallstudie wurden die technischen Faktoren der Anlagemodernisierung von den Mitarbeitenden gut bewertet, während die Faktoren des sozialen Teilsystems nach den technischen Veränderungen mehr Optimierungspotential aufwiesen. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da die Anlagemodernisierung von einer technischen Neuerung getrieben und das soziale Teilsystem lediglich nachgelagert angepasst, aber nicht prospektiv gestaltet wurde. Für die Umsetzung technischer Neuerungen gibt es oft eine Vielzahl von anerkannten Normen und Richtlinien (z. B. DIN-Normen, Deutsches Institut für Normung e.V. 2023). Für die soziotechnische Systemgestaltung dagegen gibt es zwar zentrale Prinzipien, diese bleiben aber oftmals abstrakt formuliert (Baxter & Sommerville 2011) und müssten

fallspezifisch operationalisiert werden. Das setzt Kompetenzen und Zeitressourcen voraus, die in technischen Projekten nicht immer vorhanden sind. Im Weiteren sind arbeitspsychologische Prinzipien mehr Empfehlungen als verbindliche Vorgaben, was leicht dazu führt, dass sie bei Ressourcenknappheit übergangen werden. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, wurde im Rahmen der vorliegenden empirischen Forschungsarbeit ein Instrument entwickelt, das im Industrierwerk sicherstellen soll, dass Anforderungen an Human- und Organisationsfaktoren in technischen Neuerungs- oder Modernisierungsprojekten über alle Projektphasen hinweg berücksichtigt werden.

Dafür wurde pro Projektphase (z. B. Projektplanung, Inbetriebsetzung) eine Liste von Anforderungen an Human- und Organisationsfaktoren erstellt. Diese sind als anzustrebender Soll-Zustand formuliert, z. B.: *Die Arbeitsaufgaben sind für die Mitarbeitenden abwechslungsreich, d. h. Monotonie wird vermieden.* Die Projektverantwortlichen beschreiben zu jeder Anforderung, mit welchen konkreten Maßnahmen diese nach der technischen Neuerung sichergestellt wird. Kann die Anforderung nicht oder nur eingeschränkt umgesetzt werden, sind für diese Einschränkungen Kompensationen zu beschreiben. Falls z. B. nach dem technischen Umbau für einzelne Arbeitsaufgaben monotone Phasen zu erwarten sind, wird als Kompensation ein Plan für regelmäßige Arbeitsrotation erstellt. Den Projektverantwortlichen wird mit dem Instrument ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt, das sie bei der Berücksichtigung der Human- und Organisationsfaktoren in ihrem Projekt unterstützt.

Für künftige Anlagemodernisierungen wird empfohlen, die Auswirkungen auf den Faktor Mensch prospektiv zu berücksichtigen und zu planen. So können das soziale und das technische Teilsystem im Sinne der soziotechnischen Systemgestaltung aufeinander abgestimmt und die Arbeitsbedingungen für die Mitarbeitenden damit optimal gestaltet werden.

## 6. Literatur

- Baxter G, Sommerville I (2011). Socio-technical systems. From design methods to systems engineering. *Interacting with Computers*, 23 (1), 4–1.
- Creswell J, Plano Clark VL (2011). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2023). DIN – kurz erklärt: Sind Normen Pflicht? Verfügbar unter: <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen>
- Oppermann R, Reiterer H (1994). Software-ergonomische Evaluation. In: Eberleh E, Oberquelle H, Oppermann R (Hrsg.), *Einführung in die Software-Ergonomie: Gestaltung graphisch-interaktiver Systeme: Prinzipien, Werkzeuge, Lösungen* (S. 335–371). Berlin: de Gruyter.
- Pasmore W, Winby S, Albers Mohrman S, Vanasse R (2019). Reflections: Sociotechnical Systems Design and Organization Change, *Journal of Change Management*, 19:2, 67–85. DOI: 10.1080/14697017.2018.1553761
- Sträter O, Bengler K (2019). Positionspapier Digitalisierung der Arbeitswelt. *Z. Arb. Wiss.* 73, 243–245. <https://doi.org/10.1007/s41449-019-00161-2>
- Ulich E (2013). Arbeitssysteme als soziotechnische Systeme – eine Erinnerung. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 6, 4–12.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

## Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher  
und nachhaltiger Arbeitssysteme  
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023**

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und  
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023  
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)