

KOORDINATEN DER PRODUKTION

Digitalisierung und die verteilte Prävention industrieller Störungen

VON BENJAMIN DOUBALI

I. EINLEITUNG

Sicherheitsschulungen, Schutzkleidung, die Markierung von Störungsbedrohungen mit Warnhinweisen, in Produktionsanlagen eingebaute technische Präventionsmechanismen: Industriebetriebe sind Orte, an denen wir Einrichtungen zur Störungs- und Unfallprävention in unterschiedlichsten Formen auffinden können, die Krisenerwartungen explizieren und Krisenereignisse verhinderbar machen sollen. Im Zuge der Digitalisierung von Industrieanlagen (»Industrie 4.0«), die sich in erster Linie auf die Entwicklung von »vernetzten« Produktionstechnologien und Arbeitssystemen bezieht,¹ geraten auch die Regime der Störungsprävention in den Blick. Der Begriff Industrie 4.0 beschreibt dabei einerseits ein »Bündel von Technologien«² und andererseits eine soziotechnische Zukunftsvorstellung, die verschiedenen Akteursgruppen in Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Orientierung gibt.³ Die Entwicklung lässt sich als Technologieversprechen verstehen, das Erwartungen an künftige Potenziale von Wertschöpfungsstrukturen erzeugt.⁴

Sozialwissenschaftliche Krisenforschung zeigt, dass der organisierte Umgang mit Risiken gleichzeitig in einem engen Zusammenhang mit solchen Innovationsphänomenen steht.⁵ Digitalisierung lässt sich aus dieser Perspektive also auch als Bearbeitungsmodus von Störungsbedrohung auffassen. Datenverarbeitung, elektronische Überwachung und Steuerungssoftware sorgen dafür, dass eingegangene Aufträge ohne Unterbrechungen oder Fehler bearbeitet werden können. Zu diesem Zweck werden Kommunikations- und Koordinationsleistungen von organisatorischen Kontrollstrukturen, menschlichen Akteur:innen und Objekten wie Checklisten an automatische Steuerungssysteme, Medien und Algorithmen übergeben. Diese benötigen wiederum materielle Agenten, um ihre Steuerungs- und Präventionswirkung zu entfalten. Schlüsselpositionen nehmen dabei unscheinbare Dinge wie Barcodes und Werkstückträger ein, auf denen Teile platziert und in Maschinen eingelegt werden. Ihnen sind schwierige Koordinationshandlungen eingeschrieben, wodurch diese Operationen als einfache Handgriffe repräsentiert

1 Vgl. Deuse u.a.: »Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0«.

2 Hirsch-Kreinsen: »Industrie 4.0«, S. 821.

3 Vgl. Meyer: »Industrie 4.0 als sozio-technische Zukunftsvorstellung«, S. 353ff.

4 Vgl. Hirsch-Kreinsen: »Industrie 4.0«, S. 813 ff.

5 Für einen Überblick vgl. Potthast: »Innovation und Katastrophe«, S. 365ff.

und formalisiert werden.⁶ Um diese Funktion zu betonen, können wir sie als *kognitive Artefakte*⁷ beschreiben. Wie sich zeigen wird, stoßen diese Artefakte Handlungen an, die dem Informationsaustausch dienen. Sie üben dabei Sachzwänge und Kontrolle aus, um Fehlnutzungen und Zufällen vorzubeugen und verschiedene Handlungsabläufe zu vermitteln und zu stabilisieren.⁸ Ihre volle Bedeutung wird jedoch erst klar erkennbar, wenn Abweichungen und Störungen *trotzdem* auftreten.

Gegenüber verbreiteten Betrachtungsweisen der sozialwissenschaftlichen Industrie- und Arbeitsforschung,⁹ die aktuelle Entwicklungen eher mit Blick auf den Wandel von Kompetenzanforderungen im Arbeitshandeln untersucht,¹⁰ arbeitet der Beitrag im ersten Teil eine relationale, technik- und mediensoziologisch informierte Perspektive aus.¹¹ Ziel ist es, Störungen als erkenntnisgenerierende Mittel relevant zu machen, um soziotechnische Konfigurationen und Prozesse zu beschreiben. Welche Rolle wird digitalen Technologien in der untersuchten Koordinations- und Präventionsarchitektur zuteil? Welche Störungen werden hier vermieden, verlagert oder neu generiert? Wie werden entstehende Probleme gedeutet und bewältigt? Die Besprechung der Fallbeispiele im zweiten Teil basiert auf empirischer Feldforschung unter Einsatz ethnografischer Methoden, leitfadengestützter Interviews sowie den Analyseprinzipien der *Grounded Theory*.¹²

2. SCHWIERIGE PROBLEME VERWANDELN

In Arbeitsprozessen von Gruppen oder Individuen, z.B. in der Industrie, aber auch in anderen Feldern wie der sogenannten »Wissensarbeit« (z.B. dem Schreiben dieses Textes), entdeckt man eine Vielzahl von Objekten, die Wissen und Aktivitäten koordinieren und damit einen Teil des kognitiven Pensums der Aufgabendurchführung übernehmen. Norman beschreibt solche Objekte als *cognitive artifacts*: »A cognitive artifact is an artificial device designed to maintain, display, or operate upon information in order to serve a representational function.«¹³ Der Ansatz der *Distributed Cognition* begreift Arbeit mit Technik davon ausgehend als

6 Vgl. Hutchins: *Cognition in the Wild*.

7 Vgl. Norman: »Cognitive Artifacts«.

8 Vgl. Latour: *Reassembling the Social*.

9 Zu diesbezüglichen Debatten und Herausforderungen der soziologischen Arbeitsforschung vgl. bspw. Pfeiffer: »Technisierung von Arbeit«.

10 Vgl. etwa Ittermann/Niehaus: »Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit – revisited«.

11 Zu aktuellen Forschungsperspektiven der Techniksoziologie vgl. bspw. Rammert: *Technik - Handeln - Wissen*.

12 Im Rahmen meiner M.A.-Abschlussarbeit habe ich im Zeitraum von vier Monaten mehrere Feldaufenthalte im hier untersuchten Industriebetrieb durchgeführt.

13 Norman: »Cognitive Artifacts«, S. 17.

Koordination und Zusammenspiel zwischen solchen in kognitiven Artefakten angelegten »Repräsentationsfunktionen«.¹⁴

Ein eindruckliches Beispiel hierfür ist die Schiffsnavigation bei der Hafeneinfahrt als Kombination des Einsatzes von Instrumenten und menschlichen Crewmitgliedern.¹⁵ Deren grundlegendes Handlungsproblem ist die ständig zu lösende Frage, wo das Schiff auf See gerade ist und wie es in Zukunft präzise in die richtige Richtung fährt. Die schwierige Herausforderung der manuellen Navigation lässt sich als permanentes Bestimmen und Abgleichen der Position des Schiffes in der Welt beschreiben. Diese Verortung muss so visualisiert werden, dass fundierte Entscheidungen für die Weiterfahrt getroffen werden können. Dies gelingt, indem die Position auf der Seekarte der umgebenden Gewässer repräsentiert wird. Eine Reihe spezialisierter Hilfsmittel prägt diese Arbeit. Die Standardprozeduren von Messung, Kursberechnung, Eintragen der Koordinaten und Abstimmung zwischen den Crewmitgliedern sind geschickt verteilt zwischen den Beteiligten und den Artefakten, die sie nutzen. Durch die Projektion der Positionsbestimmung auf die Seekarte wird es möglich, Navigation sowohl zu einem mathematisch-geometrischen Problem als auch zu einem sozialen Problem der Koordination in der Crew zu machen – beides Problemsorten, denen die soziale Ordnung der Schiffscrew mit ihren Wissensvorräten und Kommunikationsprozessen gewachsen ist. Hutchins spricht davon, dass Schiffsnavigation von einer gewaltigen Herausforderung zu einer lösbaren Aufgabe *re-repräsentiert* wird.¹⁶ Daraus wird die Annahme abgeleitet: Jede Arbeit – physischer oder rein kognitiver Art – baut grundsätzlich auf einer solchen Verteilung auf; allein schon, um die Aktivitäten der Beteiligten zu koordinieren.¹⁷

Probleme können so verteilt und verlegt werden, dass ihre Lösungen in der Interaktion mit technischen Systemen hervorzubringen sind.¹⁸ Hutchins schließt daraus: »Der Stellenwert einer Technik muss nicht allein an der ausgeklügelten inneren Funktionsweise der Maschine selbst bemessen werden, sondern daran, inwieweit das Gerät ein wichtiges Problem leicht lösbar macht.«¹⁹ Die Verteilung von Kognitionsprozessen geschieht dabei in der Zeit sowie über soziale und materielle Einheiten.²⁰ *Zeitlich* verteilte Kognition kann man als *pre-computation*²¹ verstehen: (Teil-)Prozesse werden vorgelagert und vom Zeitpunkt der eigentlichen Aufgabenausführung unabhängig erbracht, z.B. indem Standards für die Datenvermittlung definiert werden. *Sozial* sind Kognitionsprozesse über Gruppen

14 Vgl. Hollan u.a.: »Distributed Cognition«.

15 Vgl. Hutchins: Cognition in the Wild.

16 Ebd., S. 71.

17 Vgl. ebd., S. 176.

18 Hutchins: »Die Technik der Teamnavigation«, S. 80.

19 Ebd., S. 63.

20 Hollan u.a.: »Distributed Cognition«, S. 176.

21 Vgl. Norman: »Cognitive Artifacts«.

oder Institutionen verteilt, z.B. die Befehlskette eines U-Boots.²² Schließlich können Kognitionsprozesse auch die Koordination mit Objekten oder Medien umfassen.

Mit Konzentration auf den Umgang mit Unterbrechungen in der Produktion haben Andreasson u.a.²³ den Ansatz empirisch auf Industriearbeit angewandt. Unterbrechungen können z.B. bei sich anbahnenden Problemen auftreten oder Wartungsaufgaben beinhalten.²⁴ Es lässt sich erkennen, dass Werker:innen versuchen, die Auswirkungen von Unterbrechungen auf den wahrgenommenen »Arbeitsfluss« gering zu halten. An ihren Arbeitsplätzen wenden sie *Monitoring*-Techniken an, erheben ständig Informationen (»*situated looking*«²⁵) und vollziehen regelmäßig kleinere Eingriffe, um engen Kontakt zu ihren Anlagen und Werkzeugen zu pflegen: »Continuously adjusting the machines to maintain and smooth the production process is one example [...] of redistribution of effort across time.«²⁶ Diese Strategien basieren auf sozial organisierten Wahrnehmungs- und Deutungsmustern, die sich als »*professional vision*«²⁷ verstehen lassen. Dessen praktische Bedeutung für den Vollzug von Prozessen verteilter Kognition konnte auch im vorliegenden Fall beobachtet werden. Das Vorgehen und entsprechende Wissensrepertoires bieten hier eine Grundlage für den Einsatz von Strategien der Problembewältigung.²⁸

3. KOORDINATEN DER PRODUKTION

3.1 »SYMMETRIE« UND KONTROLLE

In den folgenden Beispielen nehmen kognitive Artefakte eine zentrale Rolle bei der Prävention und Bewältigung von Störungen ein. Wir befinden uns in der Produktion sogenannter *Smart Home*-Steuerungspanels. Mit deren berührungsempfindlichen Oberflächen kann in Räumen verbaute Elektronik gesteuert werden. Im Bestellprozess lassen sich die Geräte individuell gestalten, indem man Größe, Ausrichtung und Farbe des Bedienfelds sowie seine Funktionen bestimmt und auswählt, ob ein Display eingebaut werden soll (z.B. zur Temperaturanzeige).

Zur Herstellung werden Auftragsdaten – und das ist eine Besonderheit – automatisch und direkt in die Produktion übermittelt. Die Aufträge, so die Idee,

22 Vgl. Stanton: »Representing Distributed Cognition in Complex Systems«.

23 Vgl. Andreasson u.a.: »Interruptions in the Wild«.

24 Vgl. ebd., S. 87ff.

25 Ebd., S. 96.

26 Ebd., S. 98.

27 Vgl. Goodwin: »Professional Vision«.

28 Eine alternative Deutung bietet Böhle an mit dem Einsatz sinnlicher Wahrnehmung als Merkmal des breiter angelegten Konzepts subjektivierenden Arbeitshandelns, vgl. Böhle: »Subjektivierendes Handeln – Anstöße und Grundlagen«, S. 28.

werden unmittelbar an Mitarbeiter:innen und Maschinen gerichtet, die die Produkte letztendlich herstellen. Die Konfigurationsmöglichkeiten erzeugen dabei eine große Varianz unter den zu produzierenden Teilen, was komplizierte Koordinationsprozesse erforderlich macht. Die Komplexität der Produktionsaufgaben wird daher als größte Störungsbedrohung aufgefasst, es müssen viele Abhängigkeiten beachtet werden und schon kleine Unachtsamkeiten und Standardfehler, die Mitarbeiter:innen im laufenden Prozess üblicherweise selbst lösen müssen,²⁹ können in diesem Fall unmittelbar den Stillstand der Produktion nach sich ziehen. Die benötigte Geschwindigkeit und Präzision in der Kommunikationsleistung kann nur in Verbindung von digitalisierter Informationsvermittlung, den Produktionstechniken sowie deren Steuerung erbracht werden.³⁰ Dazu gehört die Übertragung von Bestellwünschen in ein produzierbares Format, sprich die automatisierte Einrichtung von Maschinen oder die Bereitstellung von Rohmaterialien. Wie findet diese Umverteilung komplizierter und damit fehleranfälliger Koordinations- und Organisationsleistungen konkret statt?

Jede Konfiguration erzeugt eine einzigartige Nummernfolge, die in optischer Form umkodiert wird (»QR-Code«). Mit dem Code sind Auftragsdaten, die Informationen für die Einstellung der Maschinen sowie der Status des Auftrags verknüpft. Er wird auf wiederablösbare Klebestreifen gedruckt und auf Rohlingen (also »nackten« Schaltern) platziert. Ausgelesen wird er mit Handscangeräten, die an jeder Arbeitsstation installiert sind. Sobald ein:e Mitarbeiter:in den Code an einer Station einscannet, werden die notwendigen Informationen über das Werkstück (also das Produkt-im-Entstehen) und den dahinterstehenden Auftrag an die Maschine für den aktuellen Arbeitsschritt übermittelt. Die wichtigsten Informationen sind über Bildschirme ersichtlich: Was wird gearbeitet? Welche Symbole und Funktionen werden benötigt? Wie groß sind die Werkstücke? Wie viele von dieser Sorte kommen noch?

So gelingt es, ein schwieriges Problem in ein leichtes zu verwandeln. Aus der Aufgabe »Auftrag-und-Werkstück-identifizieren-und-die-richtigen-Einstellungen-kennen-und-treffen« wird das »Aufkleben-und-Abscannen« eines automatisch generierten Codes. Die Kommunikationsleistung wird buchstäblich als einfacher *Handgriff* re-repräsentiert. Über standardisierte, einzigartig codierte Werkstückträger können außerdem Oberflächen aller Größen in Maschinen gesetzt werden, ohne dass es langwieriger Umbauarbeiten bedarf. Dieses Hilfsmittel kann man sich als einen Container oder Setzkasten vorstellen, mit dem der Transport von und der Umgang mit Werkstücken organisiert wird. Der Werkstückträger addiert somit zu den sachlichen und zeitlichen Informationen noch eine räumliche Komponente, denn mit ihm lässt sich eine Ortsbeschreibung darüber anfertigen, wo ein Auftrag gerade liegt.

29 Pfeiffer: »Montagearbeit«, S. 285.

30 Knoblauch spricht hier von »Interaktivierung«, vgl. Knoblauch: Die kommunikative Konstruktion der Wirklichkeit, S. 346ff.

Zwischen digitalem Informationsaustausch und Materialität wird damit eine Art *Koordinatensystem* aufgespannt, über das Position und Status des physischen Werkstücks im Prozess bestimmt, repräsentiert und gesteuert werden. So muss der Status eines Werkstücks nicht erfragt werden; diese Informationen gehen aus dem Produktionsvorgang selbst hervor, werden über Handgriffe bestimmt und auf Bildschirmen abgelesen (in etwa: »Auftrag XY befindet sich in Station 5 rechts in Träger A2. Es dauert noch 4 Minuten«). Das Grundprinzip des Koordinatensystems ist, dass digitale Markierungen stets die herrschenden Verhältnisse in der physischen Produktion hinsichtlich relevanter Parameter erfassen und darstellen. Durch den Produktionsprozess hindurch wird eine (digitale) Spur ausgelegt, die auf den Zustand des physischen Objekts verweist. Zur Verbildlichung können wir uns eine »Symmetrie« in der so aufgebauten Struktur zwischen digitalen Auftragsdaten als medial-digitaler Repräsentation und dem Produktionsgeschehen als materieller Ebene vorstellen. Zur Sicherstellung der Symmetrie zwischen Informationen und ihren Objekten wird ständig abgeglichen, ob das, was medial-digital erwartet und koordiniert wird, auch tatsächlich stattfindet und umgekehrt. Die Aktivitäten, die ich bis hierhin beschrieben habe, lassen sich damit als Maßnahmen zur Herstellung, Aufrechterhaltung und Stabilisierung dieser Symmetrie interpretieren.

Die korrekte Ausführung der Arbeitsschritte wird zusätzlich durch verschiedene Kontrollmaßnahmen überwacht: Zunächst wird bei jedem Arbeitsschritt eine routinisierte Sichtprüfung nachgestellt, die sich auf die eingeübten Wahrnehmungsmuster der Angestellten stützt. Die zweite Kontrollinstanz ist ebenfalls eine optische Prüfung, die aber algorithmisch abläuft. Hier werden spezielle Kameras und Bildverarbeitungssoftware eingesetzt, die Aufnahmen hinsichtlich vorgegebener Parameter analysiert. Hierzu zählen neben Spaltmaßen oder Rissen in den Oberflächen auch die Kontrolle der vorangegangenen Arbeitsschritte. Die Prüfung wird nach fast jedem Arbeitsschritt in wortwörtlichen *Black Boxes*³¹ aus schwarz lackiertem Kunststoff durchgeführt, wodurch sie nicht manipuliert werden kann.³² Das Bestehen der Prüfung läuft lautlos, kaum wahrnehmbar ab. Wenn sie bestanden ist, kann das Werkstück mittels eines erneuten Scans »ausgebucht« und zur nächsten Station transportiert werden. Bei einem Fehlschlag wird der Vorgang blockiert. Da nur jeweils ein Werkstück in die Station »gebucht« werden kann, wird erzwungen, sich mit Fehlern zu beschäftigen. Allerdings werden oft keine weiteren Informationen mitgeliefert, sodass auch im Umgang mit diesem automatisierten Kontrollregime erfahrungsbasierte Investigationsstrategien mobilisiert werden müssen. Drittens durchlaufen alle Produkte eine Prüfstation, die

31 Zum Begriff der *Black Box* vgl. Belliger/Krieger: »Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie«, S. 43.

32 Die Prüfung kann allerdings durch Beeinflussung der Steuerungssoftware unzulässigerweise umgangen werden. Die Folgen eines solchen Eingriffs werden weiter unten thematisiert.

eine Funktionskontrolle durchführt, indem die elektronischen Signale der Steuerungseinheit verifiziert werden.

In einer solchen Konstellation ist die größte Schwierigkeit bei der Analyse von Störfällen sicher, überhaupt auf sie zu stoßen. Die Ungenauigkeiten des Alltags oder Materialfehler werden durch präventive und eingeübte Praktiken meist lautlos und unauffällig wahrgenommen und bearbeitet.³³ Trotzdem gibt es auch hier Pannen und Störungen. Sie treten insbesondere dann auf, wenn die Koordinations- und Präventionsarchitektur aus den Fugen gerät.

3.2 DER DEFEKT ALS REPARATUR

Eine Störung ist eingetreten, wenn das Produktionsgeschehen nicht mehr aufrechterhalten, sondern rekonstruiert werden muss. Bei den dabei eingesetzten Aktivitäten kann zwischen vorwärts- und rückwärtsgewandten Strategien unterschieden werden.³⁴ Neben situativen Schuldzuweisungen wohnt auch *sensemaking* eine rückwärtsorientierte Logik inne.³⁵ *Sensemaking* wird bei Unwägbarkeiten relevant, wenn Teilnehmer:innen versuchen die abgelaufenen Ereignisse retrospektiv in einen akzeptablen Deutungszusammenhang zu rücken.³⁶ Rückwärtsgewandte Strategien zielen dabei auf die Isolation von Einzelursachen, während vorwärtsgewandte Strategien der Ursachenforschung Pannen und Störungen auf die »Erkundung von Ursachengeflechten«³⁷ hin begegnen:

Dynamik und Ausdehnung kritischer Situationen werden nicht nach Maßgabe vorab definierter Modelle und Typen klassifiziert, sondern als [...] verzweigte Netzwerke von Beziehungen aufgefasst und sichtbar gemacht. Diesem offenen Verfahren der Interpretation entspricht, dass [...] auf flexible Weise unterschiedliche Wissensbestände mobilisiert werden, um die Krise zu beheben.³⁸

Wir können davon ausgehen, dass Beobachtung und Analyse des Zusammenspiels verschiedener Modalitäten der Problembewältigung nicht nur ein Verständnis über den Umgang mit Krisenereignissen ermöglichen, sondern auch hinsichtlich der Normalität, von der diese Krisen abweichen. Arbeits- und industriesoziologischen Ergebnissen zufolge muss eine ganze Menge passieren, damit Industriear-

33 Vgl. Pfeiffer: Montage und Erfahrung, S. 136ff.

34 Vgl. Potthast: Die Bodenhaftung der Netzwerkgesellschaft, S. 84f.

35 Vgl. Weick: Sensemaking in Organizations, S. 24ff.

36 Zum Konzept des *sensemaking* vgl. die Arbeiten von Weick, z.B. Weick: »Enacted Sensemaking in Crisis Situations«; Weick: »The Vulnerable System«.

37 Potthast: Die Bodenhaftung der Netzwerkgesellschaft, S. 104.

38 Ebd. [Ausl.: BD]

beit »normal« abläuft:³⁹ Einerseits sind stabilisierende Wirkungen in die zum Einsatz kommenden Techniken eingeschrieben (s.o.). Andererseits können wir festhalten, dass kompetente Teilnehmer:innen fähig sind, in unwägbareren Situationen Stabilität zu sichern, durch die »[...] ständigen Eingriffe, die größere Störungen erst gar nicht entstehen lassen«.⁴⁰

Mit solchen Aktivitäten kann Unsicherheit minimiert, bewältigt, aber auch aktiv aufrechterhalten werden, um sie konstruktiv zu verwenden:⁴¹ »Man legt sich die Dinge eben zurecht.«⁴² Anders gewendet lässt sich beobachten, wie sich Ingenieur:innen und Maschinen ihre Nutzer:innen zurecht legen, indem Technikumwelt und Rollenvorstellungen vorgeben,⁴³ wo z.B. Hände und Blicke zu platzieren sind, um bei sich anbahnenden Störungen gezielt mit passenden Handlungen einzugreifen.⁴⁴ Diese Art der *professional vision* unterstützt dabei, verteilte Repräsentationsfunktionen während des Arbeitsprozesses situativ zu integrieren.

Wird ein Werkstück *trotzdem* fehlerhaft montiert, wird es »schlecht gemeldet« und ausgesondert, was zwar unerwünscht ist, aber einkalkuliert und nicht sanktioniert wird. Gravierender sind Fälle, die die eingerichtete Ordnung selbst durcheinanderbringen. Betrachten wir hierzu eine Episode aus dem Arbeitsalltag, als eine Fehlmontage versehentlich vertauschter Rohmaterialien erst einige Arbeitsschritte später auffällt. Das falsche Werkstück ist zu diesem Zeitpunkt schon mit einer Referenznummer verknüpft und erfolgreich geprüft. Die Präventionsarchitektur hat damit keinen Grund, das Teil als fehlerhaft zu markieren. Im Gegenteil, für das System handelt es sich um einen zu bearbeitenden Auftrag, der Ort und Status haben *muss*. Diese stabilisierte digitale Repräsentation kann kaum wieder aufgelöst werden – ein *Zurück* ist in der Produktion nicht vorgesehen. Der Fehler ist an dieser Stelle nicht rückgängig zu machen, er lässt sich nur progressiv lösen. Der Auftrag wird weitergeleitet, trotz Fehlmontage. An der zuvor beschriebenen Funktionsprüfstation soll er dann als Ausschuss deklariert werden. Dafür liegt aber der *falsche* Fehler vor:

Es ist bekannt, dass das Teil nicht funktionstüchtig ist, die Maschine wird das so aber nicht akzeptieren. A. berät sich mit den anderen, wie wird man das Teil jetzt los? Hier kann nur die Prüfung durchgeführt werden, die muss halt scheitern. Das wird aber auch nicht einfach so gehen, weil man hier nur kaputt melden kann, wenn die Oberfläche

39 Vgl. Pfeiffer: Montage und Erfahrung, S. 136ff.

40 Pfeiffer: »Montagearbeit«, S. 285.

41 Vgl. Huchler: »Die ›Rolle des Menschen‹ in der Industrie 4.0«, S. 60.

42 Bei Zitaten ohne Quellenangaben handelt es sich um Äußerungen, die Feldnotizen oder Interviewtranskripten entnommen sind.

43 Vgl. Braun-Thürmann: »Ethnografische Perspektiven«, S. 213f.

44 Vgl. Pfeiffer/Suphan: »Digitalisierung, Arbeit und Beschäftigung«, S. 333.

wirklich beschädigt ist, falsche Lichtwerte aufgezeichnet werden. Das Glas ist aber intakt, es ist nur falsch. Jetzt hat A. eine Idee: Man muss mit Abkleben einen Defekt hervorbringen. Der Prüfung wird also ein anderer Defekt vorgegaukelt. A. macht einen Scherz: »*Ich muss ihn kaputt gehen lassen.*« Er schüttelt den Kopf, dann lacht er, blickt nochmal auf den Bildschirm, betrachtet das Werkstück und die drei umstehenden Personen. Das, was er vorhat, geht aber gerade noch nicht. Daher verschiebt sich alles nach hinten, der schlecht gemeldete Auftrag würde wieder von vorne eingereicht werden, das ist aber ein Problem, da er komplett neu gefertigt werden muss. Wegen der Lagerfrist ist eine Verspätung beim Auftrag absehbar. [...] Die Hinweise und Informationen werden im Gespräch von verschiedenen Personen eingeworfen, sie versuchen Ideen zu diskutieren. (*Auszug Feldnotizen*)

Die vorgeschlagene Lösung – der Maschine etwas *vorzugaukeln* – stammt aus einem informellen Bereich des Umgangs mit Technik. Auf dieses Repertoire wird zurückgegriffen, weil die »offiziellen« Wege keine Alternative bereitstellen. Diese Erkenntnis erwächst aus der kommunikativen Exploration der Möglichkeiten und der Mobilisierung unterschiedlicher Wissensvorräte. Hierbei wird das Problem in überschaubare Einzelteile zerlegt, wobei sich die individuellen Problemsequenzen leicht einordnen lassen.⁴⁵ Erst im Zusammenspiel ergibt sich die Tragweite des Problems aus der Emergenz von Widerständigkeiten.⁴⁶ An der »Asymmetrie« im Koordinatensystem zwischen physischem Werkstück und digitaler Repräsentation kann nur durch einen informellen Kniff (kaputt-gehen-lassen) etwas geändert werden. Um zu dieser Lösung zu gelangen, spüren die Teilnehmer:innen Verbindungsstrukturen der Technik nach, mit einer Art »Akteurnetzwerkanalyse in Aktion«⁴⁷. Der vorgegaukelte Defekt ist die Reparatur, die zur Wiedererlangung von Symmetrie beiträgt. Im zweiten, gegenläufigen Beispiel wird es hingegen darum gehen, dass ein »gutes« Objekt zu einem fehlerhaften erklärt wird.

3.3 EIN SENSIBLER ROBOTER

Die berührungsempfindliche Oberfläche und die rückseitigen Gehäuse für die Steuerungseinheit werden von einem Roboter montiert. Eine Lieferung dieser Gehäuse erweist sich durch vereinzelt auftretende, konvexe Verformungen als problematisch. Die Abweichung ist kaum zu erkennen, allerdings für Hände spür- und für Sensoren messbar. Auf die Funktionsfähigkeit hat der Mangel keine Auswirkung, aber für die optische Prüfung am Ende der Montage ist er nicht zu ignorieren, die Verformung wird als Fehlmontage interpretiert. Das Problem: der

45 Zur näheren Beschreibung dieses Vorgehens sei erneut auf arbeitssoziologische Arbeiten verwiesen, vgl. etwa Böhle: Arbeit als Subjektivierendes Handeln.

46 Vgl. Pickering: »The Mangle of Practice«, S. 575ff.

47 Potthast: Die Bodenhaftung der Netzwerkgesellschaft, S. 104.

Prüfvorgang *muss* bestanden werden, es kommt daher zu Fehlermeldungen, bei der die Anlage auf eine gesicherte Grundstellung gebracht werden muss, um das Teil händisch zu entnehmen und den Vorgang neu zu starten. Die Ursache für das Problem bleibt indes intransparent. In solchen Situationen kommt offenbar *sensemaking* besondere Bedeutung zu, indem z.B. Medien, Maschinen und Robotern erweiterte Handlungsfähigkeit zugewiesen wird. Sie können situativ Verantwortung übernehmen sowie stabilisierend wirkende Deutungen liefern, z.B., um durch Scherzhaftigkeit Unsicherheit aus einer Situation zu nehmen (»Mal sehen, ob der [Roboter] sich wieder konzentriert.«), oder um Probleme zu thematisieren (»Der kommt jetzt bestimmt wieder durcheinander, weil wir [die Größen] gewechselt haben«).

Wir haben bisher nachverfolgt, wie mithilfe kognitiver Artefakte auf eine bestimmte Weise – und eben nur auf diese Weise – die Koordination von Arbeit und Information erfolgt und wie dieses Zusammenspiel präventiv wirkt. Als in der Beispielenne versucht wird, den vermeintlich hinderlichen Prüfprozess aktiv zu umgehen, kommt es zu einer unzulässigen Destabilisierung dieser Struktur. Im arrangierten Zusammenspiel fehlt damit ein entscheidender Faktor. Das physisch fertige Werkstück ist infolgedessen nicht digital markiert und die Software verwehrt ohne »symmetrisierenden« Prüfprozess den Zugang zur Option, das Werkstück aus dem Arbeitsschritt auszubuchen – ein essenzieller Handgriff. Erneut wird durch kommunikative Ursachenforschung eine informelle Lösung formiert: der Maschine muss *vorgegaukelt* werden, dass sie das eben montierte Teil noch gar nicht fertiggestellt hat, um den Auftrag freizugeben. Zuvor ausgesonderte, defekte Teile sollen eine erneute Montage simulieren, indem sie durch Scannen der Kennziffer des fertigen Teils in den Montageprozess »eingeschleust« werden. Der Roboter montiert und prüft also ein funktionsuntüchtiges Werkstück, weil sein Äquivalent in der digitalen Welt noch nicht als fertig markiert ist, obwohl es in der physischen Welt *tatsächlich* schon funktionsfähig von den Teilnehmer:innen in Händen gehalten wird. Auch hier wird zur Resymmetrisierung eine Art informeller Täuschung eingesetzt. Anstatt aktiv einen Defekt hervorzubringen, wird hier der provozierte Überprüfungsprozess als Lösung entwickelt.

Anhand der Denkfigur der Symmetrie kann man eine analytische Unterscheidung zwischen den beobachteten Störungen treffen. Stellt man *asymmetrische* Fälle den erwarteten »normalen« Störungen (die wir als »symmetrisch« charakterisieren können) gegenüber, wird deutlich:

- 1 Zur Bewältigung *symmetrischer Fälle* existieren vorgezeichnete Skripte, die in die soziotechnischen Prozesse eingeschrieben sind. Man erkennt das häufig daran, dass auf formalisierte Handlungen zurückgegriffen wird, die nicht verhandelt und legitimiert werden müssen. Für diese Ereignisse erübrigt sich der Einsatz von Strategien der Problembewältigung – es sind vorgesehene Zwischenfälle.
- 2 *Asymmetrische Fälle* hingegen erregen viel Aufsehen. Zur Bewältigung verlangen sie sozial organisierte Ursachenforschung und einen methodischen Um-

gang mit Unsicherheiten. Die Lösungen, die sich zur Bewältigung formieren, haben dabei informellen Charakter.

4. SCHLUSS

Die Organisation der Industriearbeit ist darauf ausgerichtet, erwartete Störungen unentwegt verdeckt sowie präventiv zu behandeln und sie bestenfalls ganz zu verhindern. Wir konnten feststellen, dass sich Störungspotenziale im Zuge der Implementierung neuer digitaler Formalisierungs- und Präventionstechniken auf eine mediale Ebene verlagern, wo ihnen mit anspruchsvollen Praktiken begegnet wird. Die hier untersuchten Störungen sind Ausdruck von Krisenereignissen, die unerwartet eintreten und in denen die eingerichteten Kontrollsysteme selbst betroffen sind⁴⁸ – jedoch gerade nicht aufgrund eines Defekts, sondern weil sie funktionieren.

Scheinbar profane Objekte wie Scanner und Werkstückträger stehen dabei im Kern der untersuchten Prozesse, aber auch ihrer Störungen und deren Bewältigung. Sie werden als kognitive Artefakte eingesetzt, um komplizierte Handlungsprobleme zeitlich, sozial sowie materiell verteilt zu repräsentieren. Sie wirken dabei sowohl produktiv als auch präventiv. Im Umgang mit den untersuchten Störungen wird den Verbindungsstrukturen soziotechnischer Konstellationen nachgegangen, Ursachengeflechte werden analysiert und umgedeutet. Situativ angelegte Problembewältigung trifft dabei auf die auf Prävention ausgerichtete Materialität, Medialität und Kultur des Industriebetriebs. Einerseits verringert die digitale Verlagerung von Koordinationsleistungen erkennbar Störungsbedrohungen. Andererseits werden Störungspotenziale, die dabei nicht erfasst sind («asymmetrische Störungen»), durch informelle Strategien im Umgang mit Technik bearbeitet, die sozial verhandelt werden müssen und den Zugriff auf erfahrungsbasiertes Wissen und professionelle Wahrnehmungs- und Deutungsmuster verlangen.

LITERATURVERZEICHNIS

Andreasson, Rebecca u.a.: »Interruptions in the Wild: Portraying the Handling of Interruptions in Manufacturing from a Distributed Cognition Lens«, in: *Cognition, Technology & Work*, Jg. 19, Nr. 1, 2017, S. 85-108, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10111-016-0399-6>.

Belliger, Andréa/Krieger, David: »Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie«, in: dies. (Hrsg.): *ANThology: ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld 2006, S. 13-50.

Böhle, Fritz (Hrsg.): *Arbeit als Subjektivierendes Handeln*, Wiesbaden 2017.

48 Mit Hirschhorn lassen sich solche Zwischenfälle auch als »Fehler zweiter Ordnung« beschreiben, im Unterscheid zu »Fehlern erster Ordnung«, die durch antizipierte Materialermüdung oder Defekte auftreten, vgl. Hirschhorn: *Beyond Mechanization*, S. 71 ff.

- Böhle, Fritz: »Subjektivierendes Handeln – Anstöße und Grundlagen«, in: ders. (Hrsg.): Arbeit als Subjektivierendes Handeln, Wiesbaden 2017, S. 3-34.
- Braun-Thürmann, Holger: »Ethnografische Perspektiven: Technische Artefakte in ihrer symbolisch-kommunikativen und praktisch-materiellen Dimension«, in: Rammert, Werner/Schubert, Cornelius (Hrsg.): Technografie: zur Mikrosoziologie der Technik, Frankfurt a.M. 2006, S. 199-221.
- Deuse, Jochen u.a.: »Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0«, in: Hirsch-Kreinsen, Hartmut u.a. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden 2018, S. 195-214.
- Goodwin, Charles: »Professional Vision«, in: American Anthropologist, Jg. 96, Nr. 3, 1994, S. 606-633.
- Hirschhorn, Larry: Beyond Mechanization: Work and Technology in a Postindustrial Age, Cambridge, MA 1986.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: »Industrie 4.0«, in: Blättel-Mink, Birgit (Hrsg.): Handbuch Innovationsforschung, Wiesbaden 2021, S. 811-826.
- Hollan, James u.a.: »Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research«, in: ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Jg. 7, Nr. 2, 2000, S. 174-196.
- Huchler, Norbert: »Die ›Rolle des Menschen‹ in der Industrie 4.0. Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz«, in: Arbeits- und Industriesoziologische Studien, Jg. 9, Nr. 1, 2016, S. 57-79.
- Hutchins, Edwin: Cognition in the Wild, Cambridge 1995.
- Hutchins, Edwin: »Die Technik der Teamnavigation: Ethnografie einer verteilten Kognition«, in: Rammert, Werner/Schubert, Cornelius (Hrsg.): Technografie: zur Mikrosoziologie der Technik, Frankfurt a.M. 2006, S. 61-100.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan: »Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit – revisited. Forschungsstand und Trendbestimmungen«, in: Hirsch-Kreinsen, Hartmut u.a. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden 2018, S. 33–60.
- Knoblauch, Hubert: Die kommunikative Konstruktion der Wirklichkeit, Wiesbaden 2017.
- Latour, Bruno: Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory, Oxford 2005.
- Meyer, Uli: »Industrie 4.0 als sozio-technische Zukunftsvorstellung. Zur Bedeutung von organisationaler Sinnerzeugung und -stiftung«, in: Maasen, Sabine/Passoth, Jan-Hendrik (Hrsg.): Soziologie des Digitalen - Digitale Soziologie?, (Soziale Welt – Sonderband 23), Baden-Baden 2020, S. 349-378, DOI: <https://doi.org/10.5771/9783845295008-349>.

- Norman, Donald A.: »Cognitive Artifacts«, in: Carroll, John M. (Hrsg.): *Designing Interaction: Psychology at the Human Computer Interface*, Cambridge 1991, S. 17-38.
- Pfeiffer, Sabine: »Montage und Erfahrung«, München/Mering 2007.
- Pfeiffer, Sabine: »Montagearbeit«, in: Böhle, Fritz (Hrsg.): *Arbeit als Subjektivierendes Handeln*, Wiesbaden 2017, S. 265-337.
- Pfeiffer, Sabine: »Technisierung von Arbeit«, in: Böhle, Fritz u.a. (Hrsg.): *Handbuch Arbeitssoziologie*, Bd. 1, Wiesbaden 2018, S. 321-357.
- Pfeiffer, Sabine/Suphan, Anne: »Digitalisierung, Arbeit und Beschäftigung: Altbekannte Zusammenhänge, überholte Kategorien, neuartige Effekte?«, in: Massen, Sabine/Passoth, Jan-Hendrik (Hrsg.): *Soziologie des Digitalen - Digitale Soziologie?*, (Soziale Welt – Sonderband 23), Baden-Baden 2020, S. 326-348, DOI: 10.5771/9783845295008-326.
- Pickering, Andrew: »The Mangle of Practice: Agency and Emergence in the Sociology of Science«, in: *American Journal of Sociology*, Jg. 99, Nr. 3, 1993, S. 559-589.
- Potthast, Jörg: *Die Bodenhaftung der Netzwerkgesellschaft*, Berlin 2007.
- Potthast, Jörg: »Innovation und Katastrophe«, in: Blättel-Mink, Birgit (Hrsg.): *Handbuch Innovationsforschung*, Wiesbaden 2021, S. 363-380.
- Rammert, Werner: *Technik - Handeln – Wissen*, Wiesbaden 2016.
- Stanton, Neville A: »Representing Distributed Cognition in Complex Systems: How a Submarine Returns to Periscope Depth«, in: *Ergonomics*, Jg. 57, Nr. 3, 2014, S. 403-418, DOI: 10.1080/00140139.2013.772244.
- Weick, Karl E.: »Enacted Sensemaking in Crisis Situations«, in: *Journal of Management Studies*, Jg. 25, Nr. 4, 1988, S. 305–317, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1988.tb00039.x>.
- Weick, Karl E.: *Sensemaking in Organizations*, Thousand Oaks 1995.
- Weick, Karl E.: »The Vulnerable System: An Analysis of the Tenerife Air Disaster«, in: *Journal of Management*, Jg. 16, Nr. 3, 1990, S. 571-593, DOI: <https://doi.org/10.1177/014920639001600304>.