



1 Einleitung

1.1 Problemlage

Unfalluntersuchungen der Berufsgenossenschaften in Metall verarbeitenden Betrieben deuten darauf hin, dass Schutzeinrichtungen an Maschinen offenbar gezielt manipuliert werden. Auch berichten Aufsichtspersonen z. B. im Rahmen von Fachgesprächen vermehrt über schwere und schwerste Arbeitsunfälle, die auf Manipulationen von Schutzeinrichtungen zurückzuführen sind. Präzise Aussagen über das Ausmaß von Manipulationen in Betrieben und ein damit möglicherweise im Zusammenhang stehendes Unfallgeschehen konnten bislang jedoch nicht getroffen werden, da Manipulationshandlungen an Maschinen oder Schutzeinrichtungen nicht explizit in den Unfallberichten aufgeführt bzw. in den Unfallstatistiken nicht entsprechend verschlüsselt werden. Ebenso liegen noch keine umfassenden Untersuchungen zu den Gründen von Manipulationshandlungen vor, die Ansatzpunkte für die Unfallprävention in diesem Bereich liefern könnten. In einem gemeinsamen Forschungsprojekt führten daher das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BGIA und das Berufsgenossenschaftliche Institut Arbeit und Gesundheit (BGAG) auf Initiative des Fachausschusses Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau sowie der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft (MMBG) und der Norddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft (NMBG) detaillierte Untersuchungen zu Manipulationshandlungen von Schutzeinrichtungen an Maschinen durch. Ein interdisziplinär zusammengesetztes Projektteam aus diesen Institutionen sowie einem Vertreter der Berufsgenossenschaft Metall Süd (BGMS), der Berufsgenossenschaftlichen Zentrale für Sicherheit und Gesundheit (BGZ) und dem Justitiariat des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) nahmen im September 2003 die auf zwei Jahre festgesetzte Projektarbeit auf.

1.2 Normativer Hintergrund und Begriffsbestimmung

Zunächst ist es wichtig festzulegen, was genau unter dem Begriff Manipulation zu verstehen ist und wie ihn das bestehende Normenwerk definiert.



Ohne den Begriff explizit zu verwenden, thematisiert die Maschinenrichtlinie (Anhang 1, Grundsätze für die Integration der Sicherheit, a)) die Problematik folgendermaßen: *„... Maßnahmen müssen darauf abzielen, Unfallrisiken ... selbst in den Fällen auszuschließen, in denen sich die Unfallrisiken aus vorhersehbaren ungewöhnlichen Situationen ergeben.“*

Nach Absatz c) hat der Hersteller die Verpflichtung *„bei der Entwicklung und dem Bau der Maschine sowie bei der Ausarbeitung der Betriebsanleitung ... nicht nur den normalen Gebrauch der Maschine in Betracht [zu] ziehen, sondern auch die nach vernünftigem Ermessen zu erwartende Benutzung der Maschine.“*

Konkreter wird die Forderung in der abschließenden Bemerkung: *„Die Maschine ist so zu konzipieren, daß eine nicht ordnungsgemäße Verwendung verhindert wird, falls diese ein Risiko mit sich bringt. Gegebenenfalls ist in der Betriebsanleitung auf sachwidrige Verwendungen der Maschine besonders hinzuweisen, die erfahrungsgemäß vorkommen können.“*

Unter Punkt 1.4.1 des Anhangs I fordert die Maschinenrichtlinie: *„Die Schutzeinrichtungen ... dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können;...“* In Nr. 1.4.2.2 des Anhangs I ist geregelt: *„Bewegliche Schutzeinrichtungen des Typs B (zur Sicherung von Werkbereichen an Maschinen) müssen so konzipiert und in die Steuerung der Maschine integriert werden, dass [...] bei Fehlen oder Störung eines ihrer Organe das Ingangsetzen verhindert wird oder die beweglichen Teile stillgesetzt werden.“*

Die Verpflichtung nicht nur zum Bau, sondern schon zur Konzeption einer „manipulationsresistenten“ neuen Maschine ist also bereits in einer Binnenmarktrichtlinie verankert. Die Norm DIN EN 1088 „Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl“ fordert unter Punkt 5.7: *„Verriegelungseinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass sie nicht auf einfache Weise umgangen werden können, und es müssen zweckmäßige Anweisungen für deren Einbau und Instandhaltung zur Verfügung gestellt werden.“*



ANMERKUNG: „Umgehen auf einfache Weise“ bedeutet: „von Hand oder mit einem leicht verfügbaren Gegenstand absichtlich ausgeführte Betätigung“. Leicht verfügbare Gegenstände können sein:

- Schrauben, Nadeln, Blechstücke,
- Gegenstände des täglichen Gebrauchs, z. B. Schlüssel und Münzen sowie Werkzeuge, die für die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine benötigt werden.

Der Änderungsentwurf DIN EN 1088/A1 vom Mai 2005 erweitert und präzisiert, was unter „leicht verfügbaren Gegenständen“ zu verstehen ist. Dazu gehören u. a.

- Ersatzbetätigungselemente oder Ersatzschlüssel für Verriegelungseinrichtungen mit Schlüsseltransfersystemen und
- Werkzeuge, die für die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine erforderlich sind, oder solche, die leicht verfügbar sind (z. B. Schraubendreher, Schraubenschlüssel, Sechskantschlüssel und Zangen).

Nach dem Änderungsentwurf umfasst „Umgehen auf einfache Weise“ die Freigabe von Schaltern oder Betätigungselementen mithilfe der vorgenannten Werkzeuge in der Absicht, eine Verriegelungseinrichtung abzuschalten.

Die Berufsgenossenschaftliche Information BGI 575 „Auswahl und Anbringung elektromechanischer Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen“ definiert ebenfalls den Begriff „Umgehen auf einfache Weise“. Die Begriffsbestimmung in diesem nationalen Papier entspricht allerdings nicht der für Neumaschinen maßgeblichen Definition in der europäischen Norm EN 1088.

ISO 12100-1 „Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze“ liefert im Absatz 3.23 folgende Begriffsbestimmung für die Formulierung „Vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung“: *„Verwendung einer Maschine in einer Weise, die vom Konstrukteur nicht vorgesehen ist, sich jedoch aus dem leicht vorhersehbaren menschlichen Verhalten ergeben kann.“*



Mindestvorschriften für Altmaschinen enthalten die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und die von 1986 bis Ende 2003 gültige Unfallverhütungsvorschrift „Kraftbetriebene Arbeitsmittel (VBG 5). Dort heißt es im Anhang 1 Nr. 2.8 BetrSichV: *„Schutzeinrichtungen dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können.“* In §14 der VBG 5 ist u. a. geregelt: *„Grenztaster mit Schutzfunktion müssen durch die Betätigungsart oder ihre Eingliederung in die Steuerung so gesichert sein, dass sie nicht auf einfache Weise umgangen werden können.“* Die Anforderungen an Altmaschinen zur Manipulationsverhinderung entsprechen denen für Neumaschinen.

Da für die vorliegende Untersuchung alle Manipulationen von Interesse sind, die ein Unwirksammachen von Schutzfunktionen verursachen, legte das Projektteam als Arbeitsdefinition für den Manipulationsbegriff fest:

„Manipulation ist das Unwirksammachen von Schutzeinrichtungen mit der Konsequenz, eine Maschine in einer vom Konstrukteur nicht vorgesehenen Weise oder ohne notwendige Schutzmaßnahmen zu verwenden.

Anmerkungen:

1. Es ist dabei unerheblich, mit welchen Mitteln die Manipulation erfolgt.
2. Es sind alle notwendigen manuellen Eingriffe zu berücksichtigen.“

1.3 Ziel der Untersuchung

Um Manipulationen zukünftig präventiv begegnen zu können, ist es wichtig zu erfahren, welche Dimension diese Problematik in der Praxis der Maschinennutzer einnimmt. Die Statistiken der Berufsgenossenschaften lassen jedoch keine unmittelbaren Rückschlüsse auf das Unfallgeschehen aufgrund manipulierter Schutzeinrichtungen zu. Eine Annäherung an den Zusammenhang zwischen Manipulation und Unfallgeschehen kann folgendermaßen geschehen [1]:

Bei der Betrachtung des Unfallschwerpunktes Maschine im Zeitraum von 1996 bis 2000 ergeben sich folgende, über die vier Jahre hinweg kumulierten Unfallzahlen:

- 676 690 nicht tödliche Unfälle und 385 tödliche Unfälle an Maschinen im Betrieb



- ❑ davon ereignen sich 60 % (403 034) aller Maschinenunfälle aufgrund von funktionsgerechten Maschinenbewegungen und nicht aufgrund von Versagen von Material und Sicherheits-Steuerungselementen, Zerstörung, Rutschen, Umkippen, Schwingen, Ruhezustand,
- ❑ von diesen 403 034 Maschinenunfällen geschehen 277 633 beim Bedienen und Steuern (entspricht 41 % aller Maschinenunfälle),
- ❑ von diesen 277 633 Maschinenunfällen beim Bedienen und Steuern ist der Maschinenbediener in 186 175 Fällen „in Ruhe, wird erfasst“ (67 %), er „greift hinein, nähert sich unzulässig an“ in 62 080 Fällen (22 %) und in 29 408 Fällen (11 %) zeigt er „übrige Bewegungen“.

Innerhalb des letztgenannten Aspektes des Bedienens und Steuerns ist der „wahre Wert“ an Arbeitsunfällen durch Manipulationshandlungen zu vermuten. Konkreter lässt sich das Unfallgeschehen mit der Statistik des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften nicht auf Manipulationen beziehen. Es lässt sich aber aufgrund der obigen Auswertungen mit hoher Wahrscheinlichkeit abschätzen, dass das Unfallgeschehen im Zusammenhang mit Manipulationen nicht marginal ist. Auch zeigen die Erfahrungswerte der Präventionsdienste die Aktualität und Wichtigkeit des Problems auf (zusammenfassend siehe [2]). Dennoch leitet sich die Forderung danach ab, die Verbreitung von Manipulation in den Betrieben – unabhängig vom Unfallgeschehen – präziser zu quantifizieren.

Ein weiteres Ziel der Untersuchungen ist es, herauszufinden, welche konkreten Gründe beim Maschinenbediener oder anderen beteiligten Personenkreisen dafür vorliegen, dass der Wunsch zu manipulieren entsteht. Ältere Studien zu dieser Fragestellung zeigen, dass es vor allem Unterbrechungen sowie motorische Erschwerungen der eigentlichen zielführenden Handlung sind, die der Manipulation zugrunde liegen [3 bis 5]. Die Ergebnisse dieser Studien basieren auf 60 Unfällen, die anhand von Unfallberichten, also retrospektiv, ausgewertet wurden. Ihre Aussagekraft ist somit auf die in den Unfallberichten angegebenen Daten beschränkt. Für eine möglichst alle Instanzen umfassende Analyse des Manipulationsgeschehens, die über eine rein ergonomische



Betrachtung hinausgeht, ist jedoch eine Ausweitung auf weitere Aspekte, wie z. B. die Risikowahrnehmung oder spezielle technische (z. B. Art der Schutzeinrichtung) und betriebliche Aspekte (z. B. Duldung durch den Betrieb), notwendig. Eine solche Untersuchung, die auch individuelle Einschätzungen beinhaltet und Erkenntnisse aus der direkten Befragung der „beteiligten“ Personen gewinnt, konnte nur vor Ort im Betrieb durchgeführt werden. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden dann Vorschläge zur Reduzierung von Manipulationen erarbeitet.



2 Untersuchungen

Der „Königsweg“, um an den wahren Wert der Häufigkeit von Manipulationen in Betrieben zu gelangen, ist eine Totalerhebung des Istzustands. Dies setzt jedoch voraus, dass die mit der Untersuchung beauftragten Personen während der Datenerhebung auch den realen Istzustand in den Betrieben vorfinden, d. h. eine Unterstützung von Seiten des Mitgliedsbetriebs muss gewährleistet sein. Außerdem bedeutet eine Totalerhebung einen erheblichen – nach Einschätzung des Projektteams nicht zu vertretenen – ökonomischen und organisatorischen Aufwand: Ca. 133 000 Mitgliedsbetriebe alleine aus dem Zuständigkeitsbereich der Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (VMBG) zu analysieren, würde wohl deren Infrastruktur über Jahre lähmen. Somit kamen nur eine Teilung der Fragestellung und eine Stichprobenerhebung in Betracht.

Um eine möglichst aussagekräftige und repräsentative Datenbasis mit Antworten auf Fragen, die auf die Häufigkeit von Manipulationen in Betrieben zielen, zu erhalten, wurde ein ökonomisches – d. h. ein kurzes und schnell auszufüllendes – Fragebogeninstrument konstruiert, das sowohl von Aufsichtspersonen der beteiligten Berufsgenossenschaften als auch im Rahmen von Veranstaltungen in Schulungsstätten der beteiligten Berufsgenossenschaften sowie im BGAG und der BGFE schnell beantwortet werden konnte (Anhang A, Seite 143).

Zur Erfassung der Aspekte, die konkrete Situationen in den Metall verarbeitenden Betrieben widerspiegeln, wurde ein detailliertes Instrument (Anhang A, Seite 143) entwickelt, das von den Aufsichtspersonen der beteiligten Berufsgenossenschaften im Betrieb während ihrer Routinebegehung in Zusammenarbeit mit Betriebsangehörigen ausgefüllt wurde. So konnte einerseits eine breite Datenbasis geschaffen werden, die valide Schlüsse über das Ausmaß und die Bedeutung von Manipulationen zulässt. Andererseits konnte die Befragung in den Betrieben dafür genutzt werden, um vom Maschinenbediener und anderen betriebsinternen Personen konkrete Anhaltspunkte dafür genannt zu bekommen, was die genauen Gründe für die jeweilige Manipulation



waren. Die Maschinenbediener wurden in diesem Zusammenhang als Experten verstanden.

2.1 Materialien und Methoden

Nach Auswertung von 64 der Öffentlichkeit nicht zugänglichen sehr umfangreichen Unfallberichten (z. B. eines Herstellers von Schutzeinrichtungen) und weiteren Vorarbeiten entwickelte ein interdisziplinär zusammengesetztes Expertenteam aus Ergonomern, Psychologen, Physikern, Ingenieuren und Volkswirtschaftlern die Inhalte der beiden Erhebungsinstrumente. Die allgemeinen Befragungen fanden im Frühjahr und Sommer 2004 in den Schulungsstätten des BGAG, der MMBG, der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE)¹, der NMBG und in den Präventionsdiensten der BGMS. Befragungskoordinatoren vor Ort stellten sicher, dass Befragte gewonnen werden konnten, die in Metall verarbeitenden Betrieben arbeiten bzw. diese Betriebe als Aufsichtspersonen betreuten. Im gleichen Zeitraum begannen die Präventionsdienste der BGMS, MMBG und NMBG damit, während ihrer Betriebsbesichtigungen genauere Analysen mithilfe des speziellen Fragebogens vorzunehmen. Im Idealfall sollte dieser direkt im Betrieb in Kooperation mit Maschinenbediener und/oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit (FASi) ausgefüllt werden. War dies nicht möglich, so konnten die Aufsichtsperson ihre Einschätzungen auch im Nachhinein eintragen. Untersuchungsgegenstand waren stationäre Anlagen und Maschinen. Immer, wenn eine manipulierte Schutzeinrichtung entdeckt oder im Gespräch mit Betriebsangehörigen offen auf eine Manipulation hingewiesen wurde, kam der Fragebogen zur Anwendung. Stieß die Manipulationsproblematik im Betrieb auf besonders offene Ohren, dann konnte die FASi auch direkt – eventuell zusammen mit der Aufsichtsperson – die Einschätzungen vornehmen. Um Anonymität sicherzustellen, wurde auf die Erhebung spezifischer Kennwerte, mit denen die Betriebe detailliert beschrieben werden, verzichtet. Aus diesem Grund können auch keine quantitativen Aussagen darüber getroffen werden, ob die Struktur der Stichprobe der Struktur aller Betriebe (Grund-

¹ In der BGFE wurde eine leicht verkürzte Fassung des Fragebogens verwendet.



gesamtheit) entspricht. Allerdings ist aufgrund der zufälligen Verteilung der Fragebögen innerhalb der mitwirkenden Präventionsdienste und damit auch der analysierten Betriebe davon auszugehen, dass mit der Stichprobe ein repräsentativer Ausschnitt aus der Grundgesamtheit aller betreuten Betriebe erzielt wurde. Der Rücklauf der Fragebögen wurde durch die Präventionsdienste bzw. die an den Schulungsmaßnahmen beteiligten Personen gewährleistet.

2.1.1 Inhalte der allgemeinen Befragung

Der allgemeine Fragebogen (siehe Anhang A, Seite 143) – vor allem zum Einsatz in Schulungsstätten – beinhaltete Einschätzungen der Befragten darüber, wie hoch der Anteil manipulierter Schutzeinrichtungen in ihrem Betrieb ist. Zudem wurde erfragt, wie sich Manipulationen auf das Unfallgeschehen auswirken. Es sollte eingeschätzt werden, in wie viel Prozent der Betriebe Manipulationen geduldet werden und wie groß die Manipulationshäufigkeit an verschiedenen Arten von Schutzeinrichtungen ist (außer bei den Fragebögen der BGFE). Eine offene Frage nach den Gründen für Manipulationshandlungen sollte ein erstes, allerdings recht undifferenziertes Bild über die in der befragten Stichprobe vorliegenden Erklärungskonzepte liefern. Auch eine spontane Nennung der Betriebsart, für die bzw. in der manipuliert wird, sollte erste Aufschlüsse über Ansatzpunkte für Verbesserungen liefern und eine Gewichtung zu fokussierender Arbeitsphasen erleichtern.

2.1.2 Inhalte der speziellen Befragung

Der spezielle Fragebogen (siehe Anhang A, Seite 143) erlaubt im Vergleich zur allgemeinen Befragung, die generelle Meinungen einer umfangreichen Expertengruppe abbildet, einen vertiefenden Blick auf das Manipulationsgeschehen im Betrieb. Das Instrument erhebt detaillierte Angaben zu folgenden Aspekten:

- Beschreibung der Maschine (Typ, Baujahr, Kennzeichnung),
- Art der manipulierten Schutzeinrichtung,
- Art und Weise der Manipulation,



- Manipulationsfolgen (Unfall, Gefährdungseinschätzung der Manipulation durch Aufsichtsperson),
- Betriebsarten, für die bzw. in denen manipuliert wird,
- Herstellermerkmale (z. B. Mitlieferung von „Manipulationswerkzeug“),
- ergonomische Aspekte (z. B. Beobachtung des Arbeitsprozesses),
- betriebliche Aspekte (z. B. Unterweisung, Duldung, Thematisierung von Manipulationen),
- Bedienermerkmale (z. B. Gefährdungseinschätzung, absolut und relativ zur Einschätzung durch die Aufsichtsperson), Kenntnis der betrieblichen und rechtlichen Konsequenzen),
- Bediener als Experte (direkte Erfragung von Nutzen der Manipulation, von Änderungswünschen an der Maschine und von betrieblichen Maßnahmen).

2.2 Auswertungen

Die Aspekte in den Fragebögen decken ein breites Spektrum des Systems Mensch-Technik-Organisation ab. Sie stellen in weiten Teilen explorative Fragen zur Manipulation von Schutzeinrichtungen dar. Die Rückläufe wurden im BGAG und BGIA gesammelt und im Sommer 2004 mit der Statistiksoftware SPSS im BGIA ausgewertet.



3 Ergebnisse – Allgemeiner Überblick

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Datenexplorationen zusammenfassend dargestellt. Ausführlichere Darstellungen (z. B. auch deskriptivstatistischer Auswertungen) finden sich in den Anhängen B und C (siehe Seite 156 und 161).

3.1 Ergebnisse der allgemeinen Befragung

Bei der Auswertung der allgemeinen Befragung konnte auf eine Stichprobe von 940 ausgefüllten Fragebögen zurückgegriffen werden. Dabei stammten etwa 65 % der Aussagen von Aufsichtspersonen oder Fachkräften für Arbeitssicherheit, also Arbeitsschutzexperten, die restlichen 35 % von nicht näher spezifizierten Schulungsteilnehmern aus dem betrieblichen Bereich oder Management. Ergebnisse dieser Personengruppen wurden in Relation zur Gesamtgruppe analysiert (vgl. Angaben in Anhang A, Seite 143).

3.1.1 Einschätzungen der Manipulationshäufigkeit

Nach Einschätzung der 940 Befragten sind knapp 37 % der Schutzeinrichtungen an Maschinen ständig oder vorübergehend manipuliert. Die Fachkräfte für Arbeitssicherheit als Experten aus den Betrieben schätzen das Ausmaß signifikant niedriger ein, dennoch ist nach ihrer Einschätzung immerhin knapp ein Drittel der Schutzeinrichtungen manipuliert.

Dabei kann es in etwa der Hälfte der Manipulationen zu Unfällen kommen. Knapp ein Viertel aller Arbeitsunfälle ist nach Meinung aller Befragten auf Manipulationen zurückzuführen. Wie bereits oben erwähnt, ergibt die Statistik des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) einen Anteil von etwa 41 % Arbeitsunfällen an Maschinen im Betrieb, die sich beim „Bedienen und Steuern“ ereignen. Damit wäre nach Einschätzung der 940 Auskunftspersonen ein erheblicher Anteil von Maschinenunfällen, die sich – laut HVBG-Statistik – beim Bedienen und Steuern ereignen, auf Manipulationen zurückzuführen.



Besonders heikel ist zudem die Einschätzung, dass in etwa einem Drittel aller Betriebe manipulierte Maschinen bzw. Schutzeinrichtungen geduldet werden. Bereits hier zeigt sich, dass Auswirkungen und Folgen von Manipulationen noch nicht in ausreichendem Maße bei den Betreiberfirmen präsent sind.

3.1.2 Schutzeinrichtungen

Trennende Schutzeinrichtungen, oftmals in Kombination mit elektromechanischen oder seltener mit berührungslos wirkenden Positionsschaltern, sowie Zuhaltungen stellen ein besonderes Problem dar, da sie nach Einschätzung der Befragten besonders häufig manipuliert werden. Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen wie Laserscanner oder Lichtgitter werden verhältnismäßig selten manipuliert. Die Frage nach der Häufigkeit von Manipulationen bestimmter Schutzeinrichtungen war nicht Bestandteil des Fragebogens, der in der BGFE eingesetzt wurde.

3.1.3 Manipulationsgründe

Auf die offene Frage nach Gründen für Manipulationen an Schutzeinrichtungen wird der Aspekt Zeitgewinn/schnelleres Arbeiten in etwa 22 % der Fälle angegeben. Zusammen mit den Aspekten Zeit-/Leistungsdruck (14 %) und Produktionssteigerung (7 %) bezieht sich knapp die Hälfte (43 %) der spontanen Äußerungen auf die zeitliche Optimierung des Arbeitsablaufs. Dieser Aspekt ist bei der Konstruktion bzw. Abstimmung des Systems Mensch-Maschine-Schutzeinrichtung offenbar in besonderem Maße zu berücksichtigen.

3.1.4 Betriebsarten

Die angegebenen Betriebsarten bzw. notwendigen manuellen Eingriffe, bei denen am häufigsten Manipulationen stattfinden, sind nicht trennscharf voneinander abzugrenzen. So ist die vergleichsweise niedrige Nennungshäufigkeit des Automatikbetriebs nicht ohne den notwendigen manuellen Eingriff bei der Störungsbeseitigung an der Maschine oder im Arbeitsablauf zu betrachten, denn beides findet in der Regel im Automatikbetrieb statt; beide Aspekte werden mit am häufigsten genannt. Auch



zeigt sich bereits bei der allgemeinen Befragung, dass das Einrichten bzw. Einstellen besonders problematisch ist. Dass dies möglicherweise in engem Zusammenhang mit der Beobachtbarkeit des Arbeitsprozesses zu sehen ist, zeigen die Ergebnisse der speziellen Befragung.

3.2 Ergebnisse der speziellen Befragung

Die spezielle Befragung gibt Auskunft über konkrete Situationen im Betrieb, wenn von der Technischen Aufsichtsperson eine manipulierte Schutzeinrichtung oder Maschine entdeckt oder von Beschäftigten offen auf sie hingewiesen wurde. Dabei bekommen möglicherweise die offensichtlichen und visuell leicht erkennbaren Manipulationen mehr Raum in der Stichprobe als Manipulationen beispielsweise in der Software. Aussagen über Anteile, zum Beispiel bestimmter Maschinentypen oder Schutzeinrichtungen, müssen vor diesem Hintergrund und immer unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus der allgemeinen Befragung interpretiert werden. Dennoch zeigt sich gerade bei der Beschreibung der untersuchten Schutzeinrichtungen, dass eine ähnliche Gewichtung wie bei der allgemeinen Befragung vorlag.

Für die Auswertung standen 202 spezielle Fragebögen zur Verfügung. Davon entfielen auf den gesamten Präventionsdienst der BGMS 63, auf den Präventionsdienst München der BGMS 59, auf den Präventionsdienst der MMBG 43 und auf den Präventionsdienst der NMBG 37 ausgefüllte Fragebögen. Die Daten stammten zu 71 % aus kleinen und mittleren Unternehmen, wobei in Anlehnung an die Klassifikation der Europäischen Kommission eine Betriebsgröße von weniger als 250 Mitarbeitern als Kriterium galt. Eine Erhebung des Umsatzes oder der Bilanzsumme des Betriebs erfolgte aufgrund der zugesicherten Anonymität der Mitgliedsbetriebe nicht.

3.2.1 Beschreibung der Maschine

Den Hauptanteil der Stichprobe an Maschinen, an denen manipuliert wurde, stellen Bearbeitungszentren, Pressen sowie CNC-Fräs- und Drehmaschinen. 58 % der untersuchten Maschinen stammen aus dem Baujahr 1995 oder sind jünger. Es handelt sich



also keineswegs um veraltete Maschinen, die manipuliert werden. Etwa die Hälfte der Maschinen trägt eine CE-Kennzeichnung.

3.2.2 Art der manipulierten Schutzeinrichtung

Die Antworten zeigen eine vergleichbare Struktur für die Art der manipulierten Schutzeinrichtung wie die Ergebnisse aus der allgemeinen Befragung: Es sind vor allem elektromechanische Positionsschalter – oftmals in Kombination mit trennenden Schutzeinrichtungen – die manipuliert wurden.

3.2.3 Art der Manipulation

Es sind vor allem ausgebaute und eingesteckte getrennte Betätiger (Bauart 2), überbrückte Schalter und demontierte Schalter, die einen Großteil der Manipulationsmodi ausmachen. Für etwa drei Viertel der Manipulationen war nach Einschätzung der Befragten kein großer Aufwand, wie zum Beispiel das Anfertigen oder Kaufen eines Werkzeugs oder Schlüssels, erforderlich.

3.2.4 Manipulationsfolgen

An den untersuchten Maschinen haben sich 27 Unfälle und 13 Beinahe-Unfälle ereignet, was einem Anteil von ca. 20 % der Gesamtstichprobe entspricht. Einschränkend ist anzumerken, dass die (Beinahe-)Unfälle nicht ausschließlich auf die Manipulation als Ursache zurückgeführt werden können. Die durch Manipulation hervorgerufene Gefährdung schätzen die Aufsichtspersonen im Schnitt mit 4,23 auf einer sechsstufigen Skala von 1 = sehr niedrig bis 6 = sehr hoch ein. Dass dies in bedeutendem Gegensatz zur Gefährdungseinschätzung des Maschinenbedieners steht, wird in Abschnitt 3.2.9 (siehe Seite 28) vertieft.

3.2.5 Betriebsarten

Die Untersuchung der Betriebsarten bzw. notwendigen manuellen Eingriffe, für die bzw. in denen in der untersuchten Stichprobe manipuliert wurde, ergab als



Schwerpunkte den Automatikbetrieb und das Einrichten/Einstellen. Programmieren und Nachregeln sind – mit einigem Abstand – die in der Wichtigkeit darauf folgenden Phasen. Für einen beträchtlichen Teil der Maschinen von ca. 30 bis 40 %, für die der Automatik- oder der Einrichtbetrieb manipuliert wurde, sind jedoch keine sicherheitsgerechten Lösungen vorhanden, ohne zu manipulieren. Werden für bestimmte Betriebszustände Manipulationen vorgenommen, so werden sie in mehr als zwei Drittel der Fälle auch für den Automatikbetrieb nicht wieder rückgängig gemacht. In 90 % der Fälle kann die Manipulation nach Einschätzung der Befragten schnell wieder rückgängig gemacht werden.

3.2.6 Herstellermerkmale

In 19 Fällen hat der Wartungs- oder Installationsdienst des Herstellers aktiv zur Manipulation beigetragen, indem er die Möglichkeiten dazu aufgezeigt hat. In zehn Fällen wurde das „Manipulationswerkzeug“, z. B. Code, Schlüssel oder Klemmanschluss, sogar direkt mitgeliefert.

3.2.7 Ergonomische Aspekte

Bei der Auswertung der Fragen zur Ergonomie zeigt sich, dass die Schutzeinrichtung in vielen Fällen nur eine eingeschränkte Sicht auf den Arbeitsprozess bzw. auf das Werkzeug oder Werkstück zulässt, dass sie die Nutzungsmöglichkeit der Maschine einschränkt oder dass sie das Arbeitstempo an der Maschine und den eigentlichen Arbeitsprozess verlangsamt. 23 (also mehr als 10 %) an Maschinen verbaute Schutzeinrichtungen sind neuartig und erfordern ein Umlernen von Gewohnheiten. In 145 Fällen kann die Schutzeinrichtung ohne großen Aufwand außer Kraft gesetzt werden.

3.2.8 Betriebliche Merkmale

Wie stellt sich nun die Situation in den Betreiberfirmen dar? Schulung bzw. Informationsvermittlung zum Thema Manipulation ist defizitär. So wurden über 20 % der Bediener nicht unterwiesen, in knapp der Hälfte aller Betriebe (45 %) werden Manipulationen nicht thematisiert, in etwas mehr als der Hälfte gibt es keine organisatorischen



Maßnahmen, um Sicherheitsproblemen beim Umgehen von Schutzeinrichtungen zu begegnen. Zudem ist etwa ein Viertel der Vorgesetzten über mögliche Rechtsfolgen nicht aufgeklärt. Auch werden in über der Hälfte aller Fälle die Wünsche der Bediener oder Instandhalter beim Kauf einer Maschine nicht berücksichtigt. Knapp ein Drittel aller Maschinen und Anlagen werden trotz sicherheitstechnischer Konstruktionsfehler nicht reklamiert. Dies resultiert darin, dass in fast 60 % der untersuchten Fälle Manipulationen im Betrieb geduldet werden; in ca. 14 % werden sie von den Maschinenbedienern sogar explizit erwartet.

3.2.9 Bediener

Beim Umgang mit einer manipulierten Maschine bzw. Schutzeinrichtung fühlen sich über 80 % des Bedienpersonals nicht unsicher, etwa 29 % sehen sich als mutig an und nehmen das erhöhte Unfallrisiko gerne in Kauf, fast ein Drittel empfindet die Schutzeinrichtung als Schikane und gibt an, dass an der Maschine keine Schutzeinrichtung nötig ist. Knapp die Hälfte steht der Manipulation nicht kritisch gegenüber. Dabei sind über der Hälfte die betrieblichen und rechtlichen Konsequenzen des Manipulierens unklar. 5 % wissen gar nicht, dass sie an einer manipulierten Maschine arbeiten.

Die Gefährdungseinschätzung der Bediener, die auf dem gleichen Skalentypus vorgenommen wurde wie die Gefährdungseinschätzung durch die Aufsichtspersonen, ergab auf der sechsstufigen Skala mit den Polen „1 = sehr niedrig“ und „6 = sehr hoch“ einen durchschnittlichen Wert von 2,53. Zum Vergleich: Der Durchschnittswert der Technischen Aufsichtspersonen war 4,23. Geht man davon aus, dass die Gefährdungseinschätzung durch Experten (Aufsichtspersonen) den näherungsweise wahren Wert darstellen, dann liegt eine Gefährdungsunterschätzung durch das Bedienpersonal vor.

Eine Besonderheit der Befragung bestand darin, die Meinungen, Konzepte und Erklärungsmuster der Maschinenbediener direkt zu erfragen; schließlich hat dieser Personenkreis die Manipulation in der Regel ausgeführt. Die genauen Gründe für sein Handeln konnten dabei unmittelbar und auf die jeweilige Situation bezogen erfragt werden. Auf die Frage, welchen konkreten Nutzen die Manipulation für den Bediener



habe, gab etwa ein Viertel der Befragten bei der offenen Frage einen beschleunigten Arbeitsprozess und eine höhere Produktivität an. Die Beobachtbarkeit des Arbeitsprozesses spielt für einen etwa vergleichbar großen Anteil eine bedeutende Rolle. In immerhin über 9 % der Fälle ist die Manipulation für den Arbeitsprozess notwendig. Etwa 8 % sehen durch die Manipulation eine effizientere Störungsbeseitigung, etwa 7 % einen schnelleren Einrichtprozess realisiert.

Das Antwortmuster auf die Frage nach konkreten Änderungswünschen ist erwartungsgemäß heterogen, da für jede Situation vor Ort und für jede Maschine durchaus unterschiedliche Lösungskonzepte zu erwarten waren. So fordern etwa 11 % Maßnahmen zur Verbesserung der Sicht auf das Werkstück bzw. auf den Arbeitsprozess, über 8 % geben an, dass eine neue Betriebsart eingeführt werden sollte, knapp 6 % fordern eine Verbesserung der Abstimmung zwischen Mensch und Maschine. Die direkte Erfragung betrieblicher Maßnahmen zur Prävention von Manipulation brachte in etwa 20 % den Wunsch nach Schulungsmaßnahmen zu Tage. Über 8 % fordern die Neubeschaffung oder zumindest den Umbau der Maschine und über 5 % fordern, den Bediener in die Neubestellung mit einzubeziehen.



4 Ergebnisse aus Sicht der Teildisziplinen

Die allgemeinen Auswertungen der Rohdaten zeigen viele Ansatzpunkte für Verbesserungen. Um die Daten zusammenzuführen, bietet sich zunächst eine Analyse spezifischer Teilergebnisse jeweils aus der Sicht der Psychologie, der Ergonomie, aus Sicht betrieblicher Zusammenhänge und aus Sicht der Technik an. Die folgenden vier Abschnitte geben einen Überblick über die fachspezifischen Sichtweisen, bevor diese in Handlungsempfehlungen mit konkreten Verbesserungsvorschlägen resultieren.

4.1 Ergebnisse aus psychologischer Sicht

4.1.1 Implizite Theorien

Bei impliziten Theorien handelt es sich um Überzeugungen einer Person, die eine Beurteilung von Menschen und Situationen maßgeblich bestimmen, ohne dass zuvor eine kritische Analyse erfolgte. Mit Frage III. des allgemeinen Fragebogens wurden implizite Theorien über Gründe für die Manipulation von Schutzeinrichtungen erfasst. Am häufigsten gaben die Befragten hier einen Zeitgewinn ($n = 353$) an. In die gleiche Richtung zielen 118 Antworten, die Produktionssteigerung benannten, sowie die 226 Antworten, die Zeit- und Leistungsdruck nannten. Der am zweithäufigsten benannte Grund „Bequemlichkeit“ kann inhaltlich in Verbindung gebracht werden mit der genannten Vereinfachung/Erleichterung der Arbeit ($n = 122$) und der schlechten Ergonomie der Maschine/Schutzeinrichtung ($n = 177$). Auch die Erleichterung bestimmter Betriebsarten ($n = 153$) ist hier zu benennen. Der Umgang mit Gefahren (Ignoranz, Risikounterschätzung, Gefahrenunkenntnis, Mangel an Reflexionen) spielt mit 179 Nennungen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass eine Verbesserung der Arbeitssituation der Grund für Manipulationen ist. Die Vorteile sind Zeitgewinn und ein Zugewinn an Bequemlichkeit, u. a. um mangelnde ergonomische Gegebenheiten der Maschine auszugleichen. Die folgenden Ausführungen bestätigen die impliziten Theorien.



4.1.2 Verhaltenskonsequenzen

Verhaltenstheoretische Modelle zur Erklärung von Verhalten gehen davon aus, dass positive Konsequenzen auf ein Verhalten zur Steigerung der Verhaltenswahrscheinlichkeit in der Zukunft führen, negative Konsequenzen dagegen zu deren Reduzierung. Als positive Konsequenzen gelten Belohnungen (Verstärkung) und der Wegfall negativer Konsequenzen (negative Verstärkung). Als negative Konsequenzen gelten die Bestrafung sowie der Verstärkerentzug, das bedeutet der Wegfall von Belohnungen, die früher auf das gezeigte Verhalten erfolgten. Wenn Schutzeinrichtungen an Maschinen manipuliert werden, basiert dieses Verhalten auf negativen Verstärkungsprozessen: Negative Verhaltenskonsequenzen treten selten auf und das Arbeiten mit vorhandener Schutzeinrichtung ist häufig nachteilig.

Verhaltenskonsequenzen von Manipulationen

Werden in den Betrieben manipulierte Maschinen geduldet, bedeutet dies, dass negative Verhaltenskonsequenzen von Manipulationen wegfallen (negative Verstärkung, z. B. niemand wird gerügt). Eine solche Duldung von Manipulationen bestätigen 37 % der Aufsichtspersonen und 33 % der Fachkräfte für Arbeitssicherheit. Auch die Tatsache, dass 74 % der Befragten berichten, die Schutzeinrichtung sei ohne großen Aufwand außer Kraft zu setzen, bestätigt ein Ausbleiben negativer Konsequenzen für den Vorgang des Manipulierens.

Eine Reihe positiver und negativer Verstärker für die Manipulation von Maschinen wird mit den Antworten auf die offenen Fragen an den Bediener abgebildet. Wichtigste positive Verstärker sind der beschleunigte Arbeitsprozess (23 %), die Ermöglichung der Beobachtung des Prozesses (12 %), die effizientere Störungsbeseitigung (8,2 %) und die Bewegungs- und Arbeitserleichterung (8 %).



Verhaltenskonsequenzen auf das Arbeiten an Maschinen mit Schutzeinrichtungen

Die Befragten schätzen mehrere negative Verhaltenskonsequenzen auf das Arbeiten mit vorhandener Schutzeinrichtung als mittel bis stark ausgeprägt ein. Hierzu gehört die Einschränkung der Sicht auf den Arbeitsprozess (Mittelwert (MW) = 2,6), Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit der Maschine (MW = 2,06), Verlangsamung des Arbeitstempos an der Maschine (MW = 2,01) sowie die Unterbrechung des eigentlichen Arbeits- bzw. maschinellen Prozesses (MW = 1,98). Gemessen wurde auf einer vierstufigen Skala mit den Polen „1 = gar nicht“ und „4 = sehr stark“. Hinzu kommt, dass 12 % der Befragten angeben, dass die Schutzeinrichtung ein Umlernen von Gewohnheiten beim Ausführen der Tätigkeit erfordert. Auch das Fehlen von Möglichkeiten zur Beobachtung des Arbeitsprozesses sowie die ungünstige Gestaltung von Maschinen, die entweder umgebaut oder neu beschafft werden sollten, verdeutlichen negative Konsequenzen beim Arbeiten unter Verwendung der Schutzeinrichtung.

Wegfall von Verstärkungen im Falle der Optimierung von Maschinen

Angaben zu der Frage, was an einer Maschine geändert werden sollte, damit der Wunsch zu manipulieren gar nicht erst entsteht, können Aufschluss darüber geben, welche positiven und negativen Verstärkungen für das Manipulieren im Falle der Veränderung wegfallen würden. Hier wird deutlich, dass die Schutzeinrichtungen für die bestehenden Betriebsarten offensichtlich hinderlich sind, was zum Wunsch nach einer weiteren Betriebsart mit ausgeschalteter Schutzeinrichtung (z. B. Betriebsart Prozessbeobachtung) führt. Auch ergonomische Aspekte zielen in diese Richtung: Eine Vereinfachung der Fehlersuche und Fehlerbeseitigung, die Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion und der Bedienerfreundlichkeit der Schutzeinrichtung werden gefordert. Einschränkungen beim Arbeiten mit der Schutzeinrichtung entfallen, wenn Maschinen optimiert werden.



Von den Befragten empfohlene Verhaltenskonsequenzen

Antworten auf die Frage, welche betrieblichen Maßnahmen ergriffen werden müssten, um Manipulationen vorzubeugen, geben Hinweise darauf, welche Verhaltensfolgen als wichtig eingeschätzt werden, um Manipulationen zu verhindern oder zu reduzieren. Negative Konsequenzen auf das Verhalten Manipulation werden massiv gefordert: Dies sind z. B. das Verdeutlichen von Folgen, auch rechtlicher Art, die Strafandrohung und das Aussprechen von Verboten einschließlich deren Kontrolle.

Insgesamt kann man festhalten, dass Verhaltenskonsequenzen eine wichtige Rolle spielen. Manipulationen führen zu positiven und negativen Verstärkungen, wie z. B. ein beschleunigter Arbeitsprozess oder die Duldung von Manipulationen. Verstärkungen erhöhen die Auftrittswahrscheinlichkeit für ein Verhalten, somit wird also die Wahrscheinlichkeit zu manipulieren aufgrund von positiven und fehlenden negativen Konsequenzen erhöht. Wird hingegen mit Schutzeinrichtungen gearbeitet, gibt es eine Reihe von negativen Verhaltenskonsequenzen, wie z. B. Einschränkung der Sicht auf den Arbeitsprozess. Dies verringert die Auftretenswahrscheinlichkeit für ein Verhalten, also die Wahrscheinlichkeit mit Schutzeinrichtungen zu arbeiten.

4.1.3 Schwierigkeit zu manipulieren

Etwa drei Viertel der Befragten berichten, dass Schutzeinrichtungen ohne großen Aufwand außer Kraft zu setzen sind. Neben dem Ausbleiben negativer Konsequenzen für den Vorgang des Manipulierens ist als weitere (theoretische) verhaltensklärende Variable die so genannte wahrgenommene Verhaltenskontrolle zu berücksichtigen, also die Erwartungen einer Person, dass bestimmte Ereignisse sie davon abhalten könnten, ein angestrebtes Verhalten in die Tat umsetzen zu können. Aspekte zur Einschätzung der Ausführbarkeit bzw. der Schwierigkeit der Manipulationshandlung durch den Manipulierenden werden hier näher untersucht.



Materieller und zeitlicher Aufwand

Insgesamt stellt sich heraus, dass Manipulationshandlungen einfach auszuführen sind. So musste für etwa drei Viertel der in den Betrieben untersuchten Manipulationen kein materieller Aufwand, wie beispielsweise die Herstellung oder der Kauf eines Werkzeugs oder Schlüssels, getrieben werden. Für die Manipulation bedeutet dies, dass sie verhältnismäßig wenig Vorbereitungen und geplantes Handeln erfordert, was sich auch in der benötigten Zeit niederschlägt: Durchschnittlich dauert die Manipulation lediglich etwa 12 Minuten. Manipuliert werden kann also zu einem beträchtlichen Anteil sprichwörtlich „im Vorbeigehen“, es erfordert offenbar wenig organisatorischen, materiellen und monetären Aufwand.

Konstruktive Merkmale der Schutzeinrichtung

Fokussiert man auf die Schutzeinrichtungen, die besonders häufig manipuliert werden, dann ergibt sich sowohl aus der allgemeinen als auch aus der speziellen Befragung im Betrieb ein klares Muster: Speziell trennende Schutzeinrichtungen sowie Positionsschalter, die in engem Zusammenhang mit trennenden Schutzeinrichtungen zu sehen sind, werden relativ häufiger manipuliert als andere. Ob diese Schutzeinrichtungen besonders leicht zu manipulieren sind, wird im Abschnitt 4.4 (Ergebnisse aus technischer Sicht) näher behandelt. Dass jedoch nach Einschätzung der befragten Personen mehr als 90 % der Manipulationen schnell wieder rückgängig gemacht werden können, erleichtert dem Bediener die Entscheidung zu manipulieren, da er sein Tun im Bedarfsfalle (z. B. bei interner oder externer Kontrolle) mit relativ wenig Aufwand revidieren kann und keine negativen Konsequenzen zu erwarten hat.

Extrinsische Motivation

In einigen Fällen (ca. 10 %) wird der Manipulierende explizit für sein Handeln extrinsisch (d. h. von außen) motiviert, indem die Möglichkeiten zur Manipulation durch den Wartungs- oder Installationsdienst des Maschinenherstellers aufgezeigt werden. In 5 % der Fälle wurde die Maschine sogar direkt mit Manipulationswerkzeug ausgeliefert. Der Manipulierende muss hier noch nicht einmal selbst „kreativ“ im Sinne einer



Problemlösung werden, er kann sich auf das Wissen bzw. die Ressourcen Externer verlassen. Der Ausbildung einer reflektierten und manipulationskritischen Einstellung beim Bediener tritt die „sozial unterstützende“ Haltung des Installationsdienstes entgegen und motiviert oder unterstützt ihn mittelbar darin zu manipulieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Manipulationen verhältnismäßig einfach durchzuführen sind. Die konstruktiven Schutzkonzepte der Maschinen lassen in weiten Teilen schnell durchzuführende Manipulationen zu, die zudem schnell wieder rückgängig gemacht werden können. Aus Sicht des Bedieners bzw. Manipulierenden wirken diese Aspekte unterstützend: Berücksichtigt er während der Entscheidung die Konsequenzen seines Tuns, dann sind diese lediglich in einem geringen zeitlichen, gedanklichen, organisatorischen und monetären Aufwand während der Manipulationshandlung zu sehen. Außerdem sind Manipulationen leicht revidierbar und somit wenig auffällig. Dies wirkt negativ verstärkend, d. h. negative Verhaltenskonsequenzen fallen weg.

4.1.4 Gefahrenkognition

Die Gefahrenkognition ist die gedachte subjektive Einschätzung der Gefährlichkeit eines Ereignisses (Tätigkeit, Zustand), bei dem es zu einer Schädigung oder Beeinträchtigung von Personen kommen kann. Die subjektiv eingeschätzte Gefährlichkeit kann mit der tatsächlichen Gefahr übereinstimmen. Man spricht dann von realistischer Gefahrenkognition. Die tatsächliche Gefahr kann aber auch über- oder unterschätzt werden, d. h. die subjektiv eingeschätzte Gefährlichkeit ist höher bzw. niedriger als die tatsächliche Gefahr. Problematisch ist es, wenn man die Gefahr unterschätzt, da in diesem Fall ein trügerisches Sicherheitsurteil vorliegt. Die Gefahrenkognition wird wesentlich durch langjährige Erfahrungsbildung und Lernvorgänge bestimmt. Ob wir Gefahren richtig einschätzen und kontrollieren, ist also nicht nur abhängig von unserer Qualifikation und unserem Wissen. Tätigkeiten, die wir häufig sicherheitswidrig ausführen und bei denen negative Konsequenzen ausbleiben, werden von uns als „ungefährlich“ beurteilt. Aus dem Erleben „1 000-mal ist nichts passiert“ wird „es passiert nie etwas“. Entscheidend ist, dass sich diese Erfahrungen auch auf unser



Verhalten niederschlagen. Unsere Einschätzung „ungefährlich“ führt dazu, dass wir uns nicht hinreichend schützen und somit die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls steigt. So wie bei Verstärkungsprozessen (siehe Abschnitt 4.1.1) sind es also auch bei der Gefahreinschätzung die Folgen des Verhaltens, die das weitere Verhalten bestimmen. Das Verhalten wird letztendlich negativ verstärkt, d. h. negative Konsequenzen treten nicht auf. Dies wiederum wirkt sich auf die Gefahrenkognition aus, dass eine Tätigkeit für ungefährlich gehalten wird.

Gefahrenkognition bei manipulierten Maschinen

Dass sich die Gefahrenkognition bei der Arbeit an manipulierten Maschinen verändert, zeigt sich bei den Fragen nach der durch die Manipulation hervorgerufenen Gefährdung. Diese Frage wurde sowohl von Aufsichtspersonen und Sicherheitsfachkräften als auch von den Bedienern auf einer sechsstufigen Rating-Skala von „sehr niedrig“ bis „sehr hoch“ eingeschätzt. Während die Aufsichtspersonen und Sicherheitsfachkräfte die hervorgerufene Gefährdung für eher hoch halten ($MW = 4,23$), schätzen die Bediener sie als eher niedrig ein ($MW = 2,53$). Sind es mehr als 50 % der Aufsichtspersonen und Sicherheitsfachkräfte, denen die Gefährdung „hoch“ oder „sehr hoch“ erscheint, teilen nur 9 % der Bediener diese Einschätzung. Umgekehrt halten über 58 % der Bediener die hervorgerufene Gefährdung für „sehr niedrig“ oder „niedrig“, während nur 17 % der Aufsichtspersonen oder Sicherheitsfachkräfte diese Einschätzung teilen. Die regelmäßige Arbeit an einer manipulierten Maschine und das Erleben „meistens passiert nichts“ führen bei den Bedienern dazu, dass sie die Manipulation für ungefährlich halten. Entsprechend schätzen 121 von 178 Bedienern die Gefährdung durch Manipulationen niedriger ein als Aufsichtspersonen und Sicherheitsfachkräfte. Dass die Manipulationen von den Bedienern für eher ungefährlich gehalten werden, kann auch erklären, warum die Manipulationen, die für bestimmte Betriebszustände vorgenommen wurden, für den Automatikbetrieb häufig (in 69 % der Fälle) nicht wieder rückgängig gemacht werden. Die Einschätzung der Bediener, dass die vorgenommene Manipulation ungefährlich ist, zeigt auch, dass sie sich i. d. R. nicht über die tatsächliche Gefährdung bewusst sind. Bei Tätigkeiten, die eine Person häufig ausführt, wägt sie nicht bei jedem Schritt ab, ob die Situation nun riskant ist



oder nicht. Die bewusste Inkaufnahme von Risiken setzt deren Erwägung voraus. Bei häufig ausgeführten Tätigkeiten führen wir i. d. R. keine Risikoabwägungen durch. Wenn wir uns objektiv riskant verhalten, ist es meistens subjektiv nicht riskant – wir halten also die Situation für ungefährlich. Obwohl fast 90 % der Bediener wissen, dass sie an einer manipulierten Maschine arbeiten, fühlen sich lediglich 7 % bei der Bedienung der Maschine unsicher, während sich über 80 % nicht unsicher fühlen. Manipulation als sportliche Herausforderung zu sehen – also das Risiko bewusst in Kauf zu nehmen – bejahen hingegen nur 3 %. Zwar bejahen 29 %, das erhöhte Unfallrisiko in Kauf zu nehmen und mutig zu sein, aber wie die o. g. Daten zeigen, sehen die Bediener kaum ein erhöhtes bzw. potenzielles Unfallrisiko.

Insgesamt haben also Verhaltenskonsequenzen nicht nur einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftige Auftrittswahrscheinlichkeit eines Verhaltens, sondern auch auf die Gefahrenkognition, die sich wiederum auf das Verhalten niederschlägt. Wenn sicherheitswidriges Verhalten ohne negative Konsequenzen bleibt, führt dies dazu, dass das Verhalten für ungefährlich gehalten wird. Das Verhalten wird verstärkt und ohne bewusste Risikoabwägung ausgeführt.

4.1.5 Sozialer Druck und Verantwortungsdiffusion

Möglicherweise kommt eine Reihe von Manipulationen dadurch zustande, dass die Manipulation vom Unternehmen gewünscht bzw. gefordert wird. 60 % der Bediener haben angegeben, dass Manipulationen im Betrieb geduldet werden. Auch sehen 83 % der Bediener einen betrieblichen Nutzen in der Manipulation. Immerhin 14 % der Bediener haben angegeben, dass von ihnen sogar erwartet wird zu manipulieren, 10 % gaben an, dass ein starker Druck der Kollegen vorhanden ist, Manipulationen vorzunehmen. Die Manipulation aufgrund des erlebten Drucks durchzuführen, kann auch zur Verantwortungsdiffusion führen, d. h. dem Abschieben der Verantwortung auf andere Personen. Die Verantwortungsdiffusion kann auch stattfinden, wenn die Manipulation zusammen mit einem Kollegen durchgeführt wird, was in gut 30 % der untersuchten Fälle zutrif, oder wenn die Möglichkeiten zur Manipulation durch den



Wartungs- oder Installationsdienst aufgezeigt werden (10 %) oder die Maschine mit Manipulationswerkzeug ausgeliefert wird (5 %).

4.1.6 Ausbildung

Für eine realistische Einschätzung und für das richtige Verhalten ist eine angemessene Ausbildung wichtig. Jedoch wurden nur 60 % der Bediener nachweislich unterwiesen und 58 % der Bediener sind die rechtlichen und betrieblichen Konsequenzen des Manipulierens nicht klar. Auch werden in 94 % der Fälle Störungen im Arbeitsablauf vom Bediener selbst beseitigt, obwohl nur 36 % der Bediener hierfür ausgebildet sind. Entsprechend verheimlichen 30 % der Bediener schon mal eine Störung und beseitigen sie lieber selbst. Dass die Betriebsanleitung beachtet wird, bejahen auch nur 37 %.

4.1.7 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Ergebnisse der Untersuchung weisen darauf hin, dass psychologische Faktoren eine wichtige Rolle bei der Manipulation von Schutzeinrichtungen spielen. Verhaltenskonsequenzen beeinflussen sowohl die zukünftige Verhaltenswahrscheinlichkeit von Manipulationen als auch die Gefahrenkognition. Fehlende negative Konsequenzen von Manipulationen verstärken das Verhalten und führen zu der Einschätzung, dass Manipulationen ungefährlich sind. Darüber hinaus sind Manipulationen relativ einfach durchzuführen und können schnell wieder rückgängig gemacht werden, was ebenfalls ihre Wahrscheinlichkeit erhöht. Implizite Theorien, sozialer Druck sowie mangelnde Ausbildung spielen zusätzlich eine Rolle. Es stellt sich die Frage, ob und welche Maßnahmen sich anbieten, um die Häufigkeit von Manipulationen zu verringern.

Die vorhandenen Verstärkungen bei Manipulation müssen verringert und fehlende Verstärkungen beim Arbeiten mit Schutzeinrichtungen vermehrt werden. Dabei spielen technische, organisatorische und personenbezogene Maßnahmen eine Rolle. Auf technischer Ebene sollten die Einschränkungen, die sich durch die Schutzeinrichtungen ergeben, abgebaut werden. Hier bietet sich ggf. die Einrichtung einer zusätzlichen Betriebsart an. Auch eine Vereinfachung der Fehlersuche und Fehlerbeseitigung sowie eine Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit sollten angestrebt werden: Eine



benutzerfreundliche Maschine erzeugt kein Gefühl von Bestrafung, da sie keine für die Arbeit hinderlichen Erschwerungen aufweist. Des Weiteren sollte die Beobachtbarkeit des Arbeits- und Produktionsprozesses bei aktivierter Schutzeinrichtung möglich sein. Umgekehrt sollte kein beschleunigter Arbeitsprozess bei außer Kraft gesetzter Schutzeinrichtung möglich sein. Darüber hinaus sollte die Schwierigkeit zu manipulieren erhöht werden. Generell ist eine ergonomisch gestaltete Mensch-Maschine-Schnittstelle, bei der Mensch, Schutzeinrichtung und Maschine optimal aufeinander abgestimmt sind, anzustreben. In einigen Fällen kann es sinnvoll sein, die Trennung zwischen Mensch und Maschine aufzuheben. Das heißt, es werden Schutzeinrichtungen verbaut, die nur im Gefahrenfall agieren und somit nicht stören (z. B. Lichtgitter anstatt Schutzgitter).

In organisatorischer Hinsicht sollte der Bediener bei der Bestellung der Maschine mit einbezogen werden. So werden ungeeignete Arbeitsabläufe möglichst vermieden und das Umlernen von Gewohnheiten beim Ausführen der Tätigkeit entfällt ggf. Ist ein Umlernen dennoch notwendig, sollte hierfür Zeit zur Verfügung gestellt werden. Die Manipulationsproblematik sollte im Management Beachtung finden, sodass deutlich wird, dass Manipulationen nicht geduldet werden. Werden Strafen und Verbote angedroht, müssen diese konsequent umgesetzt werden und ihre Umsetzung muss kontrolliert werden.

Schulungen können ebenfalls helfen, die Häufigkeit von Manipulationen zu verringern. Hier sollte der Fokus auf Betreibern und Bedienern liegen. Negative Folgen von Manipulationen, auch rechtlicher Art, sollten verdeutlicht werden. Darüber hinaus sollte bei Schulungen die Gefahrenkognition thematisiert werden. Hierzu gehören die Zusammenhänge zwischen Routine und negativen Verstärkungen sowie deren Wirkung auf die Gefahrenkognition und das Verhalten. Ebenfalls sollte deutlich werden, dass die subjektive Seltenheit eines Ereignisses nicht gleichzusetzen ist mit einer niedrigen Gefährdung, da fatale Folgen drohen. Die tatsächliche Wahrscheinlichkeit zu verunfallen kann durch eine Hochrechnung auf die (Lebens-)Arbeitszeit aufgezeigt werden. Implizite Theorien und ihre Wirkung auf das Verhalten sollten thematisiert werden. Gemeinsam mit den Betreibern und Herstellern kann diskutiert werden, welche



technischen Möglichkeiten es gibt, die Zeitersparnis zu optimieren bzw. umgekehrt trotz fehlender Manipulation gleich schnell bzw. bequem arbeiten zu können. Die Zusammenhänge sowie die rechtlichen Konsequenzen sollten auch den Herstellern aufgezeigt werden, um ihre teilweise vorhandene Unterstützung von Manipulationen zu reduzieren.

4.2 Ergebnisse aus ergonomischer Sicht

4.2.1 Ergebnisse aus den Fragebögen

Die Zusammenstellung der Antworten zum allgemeinen und speziellen Fragebogen zeigen folgende Ergebnisse:

a) Art der Schutzeinrichtung/Trennung:

Die Antworten zu Frage II. im allgemeinen Fragebogen machen deutlich, dass es an Schutzeinrichtungen wie Verkleidungen oder Verdeckungen am häufigsten zu Manipulationen kommt. Die Antworten im speziellen Fragebogen sehen Manipulationen von elektromechanischen Positionsschaltern eindeutig an der Spitze, während diese im allgemeinen Fragebogen an dritter Stelle stehen.

b) Grund/Ursache der Manipulation:

Als weitaus häufigste Ursache für Manipulation wird im allgemeinen Fragebogen genannt, dass die Schutzeinrichtung einen zügigen Arbeitsablauf verhindert, die Manipulation also Zeitersparnis mit sich bringt (22 % der Antworten, siehe Fragen I. und II.). An zweiter Stelle stehen Bequemlichkeit und Zeit-/Leistungsdruck (15 %).

Antworten im speziellen Fragebogen machen deutlich, dass durch die Schutzeinrichtung die Sicht auf das Werkstück eingeschränkt wird. An zweiter Stelle wird auch hier eine durch die Schutzeinrichtung bewirkte Verlangsamung des Arbeitstempos an der Maschine als störend angegeben.



c) Sonderbetrieb/Arbeitsphasen:

Bei der Frage nach den Betriebsarten oder manuellen Eingriffen, die am häufigsten Manipulationen bedingen, werden vor allem solche genannt, die nicht zum eigentlichen Produktionsprozess einer Maschine oder Anlage gehören. In 45 % der Antworten wird die Störungsbeseitigung an der Maschine genannt, gefolgt vom Einrichtbetrieb (40 %) und Störungsbeseitigung im Arbeitsablauf (35 %) (Frage IV.).

4.2.2 Lösungsansätze

Folgende Ansätze ergeben sich aus ergonomischer Sicht zu diesen Ergebnissen:

zu a) Art der Schutzeinrichtung/Trennung

Feste und bewegliche Schutzeinrichtungen, oftmals in Kombination mit elektromechanischen oder berührungslos wirkenden Positionsschaltern, zeigen sich auch bei der Stichprobe in den Betrieben (spezieller Fragebogen) als besonders häufig manipuliert. Diese Arten von Schutzeinrichtungen sind meist mechanisch manipulierbar, d. h. eine Manipulation ist in der Regel sehr einfach durchführbar. Dies bestätigen die Antworten im speziellen Fragebogen. Man muss nicht ausgefeiltes Fachwissen oder Programmierkenntnisse besitzen, um die Manipulation durchführen zu können. Neben der einfachen Durchführbarkeit der Manipulation wird diese auch dadurch begünstigt, dass sie in der Regel leicht rückgängig zu machen ist (vgl. hierzu auch die Darstellung der Ergebnisse aus psychologischer Sicht, siehe Abschnitt 4.1, Seite 31).

Bei elektromechanischen Positionsschaltern gibt es technisch bereits Ansätze bzw. Ideen, um diese manipulationssicherer zu machen. So könnte z. B. realisiert werden, dass eine Manipulation zur Schädigung des gesamten Bauteils führt, sodass die Manipulation nicht ohne weiteres rückgängig gemacht werden kann (vgl. Ergebnisse aus technischer Sicht, Abschnitt 4.4, Seite 55). Wichtig ist, bei der Suche nach technischen Verbesserungen darauf zu achten, dass gleichzeitig die Motivation zur Manipulation verringert wird. Durch eine neue technische Lösung sollte also die Abstimmung



zwischen Maschine und Schutzeinrichtung so realisiert werden, dass sie keine Zeitverzögerung bedeutet und die Sicht uneingeschränkt lässt (siehe unten).

Um Manipulationen entgegen zu wirken, könnten die festen trennenden Schutzeinrichtungen in einigen Fällen durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen oder High-Tech-Lösungen, die sich derzeit zum Teil noch im Entwicklungsstadium befinden (z. B. intelligente Kamerasysteme, die menschliche Gliedmaßen von Maschinenbauteilen oder Werkzeugen und Werkstücken unterscheiden können), ersetzt werden. Diese sind in der Regel nicht mit einfachen Mitteln manipulierbar und lassen konstruktionsbedingt den Wunsch nach einer Manipulation nicht entstehen: Sie unterbrechen den Arbeitsablauf nicht, da sie keiner besonderen Aufmerksamkeit bzw. Arbeitshandlung bedürfen. Solche Schutzeinrichtungen werden erst dann wirksam, wenn reale Gefahrensituationen gegeben sind. Somit kommen sie dem Bedürfnis, ohne Verminderung des Arbeitstempos arbeiten zu können, entgegen.

Gegen eine weite Verbreitung solcher Einrichtungen spricht, dass sie oft eine „übertriebene“ Lösung für ein kleines Problem darstellen. Das kann sich u. a. in der Höhe der Kosten zeigen, die aus Sicht einiger Betreiber in ungünstiger Relation zur Gefährdung oder auch zu den Gesamtkosten einer Maschine stehen. Zum anderen sind in manchen Fällen feste trennende Schutzeinrichtungen notwendig, weil sie eine Doppelfunktion erfüllen: Der Mensch kann sich nicht verletzen, er wird aber auch z. B. vor aus der Maschine herausfliegenden Teilen geschützt.

Bei der Frage nach Änderungsvorschlägen zur Konstruktion der Maschine oder Schutzeinrichtung beziehen sich circa 15 % der Antworten auf eine bessere Abstimmung zwischen Mensch und Maschine. Es zeigt sich ein sehr heterogenes Bild: Die Verbesserungsvorschläge variieren stark, was sich als Hinweis auf die Diversität der Problematik bei den fokussierten Maschinen interpretieren lässt, denn es gibt kein allgemein gültiges „Patentrezept“ für alle Maschinen(typen). Etwa 32 % der Befragten äußern zudem keinen konkreten Verbesserungsvorschlag, was sich einerseits in der Befragungssituation, aber andererseits sicherlich auch in der Problemschwere begründet.



Auch wenn vom Maschinennutzer kein konkreter Vorschlag dafür gemacht wurde, wie die Beobachtung des Bearbeitungsprozesses gewährleistet werden kann, so nennt er dennoch in etwa 18 % der Fälle den Wunsch, eben diese zu ermöglichen. Hier ist also Expertenwissen in dem Sinne gefragt, dass maschinen- und benutzergerechte Lösungen gefunden werden müssen, um die Beobachtbarkeit der Maschinenprozesse unter Berücksichtigung des höchstmöglichen Sicherheitsniveaus gewährleisten zu können.

13 % der Befragten geben direkt den Wunsch nach einer neuen Betriebsart an, welche die Wirkung trennender Schutzeinrichtungen aufhebt und z. B. das Arbeiten mit reduzierter Geschwindigkeit des Werkzeugs unter Zustimmung ermöglicht oder im Falle einer Betriebsart zur Beobachtung des Bearbeitungsprozesses gänzlich auf technische Schutzmaßnahmen (außer geringe Geschwindigkeitsreduzierung und Nothalt) verzichtet (siehe dazu Abschnitt 6.3, Seite 82 und Merkblatt im Anhang D, Seite 199).

zu b) Motiv zur Manipulation

Nach *Rohmert* [6] sollte man bei der Beurteilung von Arbeitsbedingungen in folgenden Stufen vorgehen:

1. Ist die Arbeit ausführbar?
2. Ist die Arbeit auf Dauer erträglich?
3. Ist die Arbeit dem Menschen zumutbar?
4. Ist der Mensch mit den Bedingungen der Arbeit zufrieden?

Nur wenn alle Fragen mit ja beantwortet werden, ist die Arbeit „menschengerecht“, d. h. ergonomisch. Als ein Grund für die Manipulation einer Schutzeinrichtung wird die Einschränkung der Sicht auf den Arbeitsprozess genannt: Für etwa ein Viertel aller untersuchten Maschinen wurde angegeben, dass die bessere Beobachtbarkeit des Arbeitsprozesses konkreter Nutzen der Manipulation sei. In manchen Fällen ist bei Sichteinschränkung möglicherweise schon die Frage der ersten oben genannten Stufe nicht mit ja zu beantworten. Aber auch dann, wenn eine Beobachtung für den korrekten



Prozessablauf nicht erforderlich ist, kann bei eingeschränkter Sicht spätestens die Frage der Stufe 4 nicht mehr bejaht werden.

Dieser Aspekt der durch die Schutzeinrichtung eingeschränkten Sicht auf den Arbeitsprozess kann unterschiedlich interpretiert und möglicherweise über die zeitliche Schiene gelöst werden:

- Der Bediener muss den Prozess jederzeit beobachten können und dabei durch die trennende Schutzeinrichtung gesichert sein: Dann muss die Sicht durch die Schutzeinrichtung (im Falle eines Fensters) oder unter optischer Umgehung der Schutzeinrichtung verbessert werden; oder
- der Bediener muss den Prozess z. B. nur am Anfang oder nur am Ende genau beobachten, hat zu diesen Zeitpunkten die Möglichkeit, die sonst trennende Schutzeinrichtung außer Kraft zu setzen, und ist aufgrund anderer Sicherheitsfunktionen geschützt: Dann ist die gute Sicht durch die Schutzeinrichtung selbst weniger wichtig bzw. die Einschränkung der Sicht kann während des Prozesses hingenommen werden.

Bei der Anbringung von Schutzeinrichtungen müssen das Blick- und Gesichtsfeld des Arbeitenden beachtet werden. Das Blickfeld ist der Raumbereich, in dem ein Mensch bezogen auf seine jeweilige Körperhaltung ein Objekt mit den Augen im Blick halten, d. h. fixieren kann. Es wird durch die Augenbewegung begrenzt und kann durch zusätzliche Kopf- und Rumpfbewegungen erweitert werden. Im Gesichtsfeld kann der Mensch mit den Augen etwas wahrnehmen, ohne es scharf zu sehen. Beide Felder spielen bei der Prozessbeobachtung eine Rolle. Wichtige zu beobachtende Objekte müssen bei entspannter Kopfhaltung möglichst im optimalen Blickfeld liegen.

Eine bessere Möglichkeit zur Beobachtung des Arbeitsprozesses muss also Ziel von Umgestaltungen sein. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Werkstückkontrolle und den Einrichtbetrieb gelegt werden. In einigen Antworten auf den Fragebögen wurden konkrete Vorschläge zur Verbesserung der Prozessbeobachtbarkeit gemacht. Hier sind allerdings genauere Untersuchungen der jeweiligen Maschine notwendig.



Das Verständnis menschengerechter Arbeit gemäß der aufgeführten vier Stufen spiegelt sich auch in den weiteren Antworten der Befragung wider: Auf die Frage nach dem konkreten Nutzen der Manipulationshandlung gibt immerhin ein Viertel der Befragten die Beschleunigung des Arbeitsprozesses oder höhere Produktivität an. Im Zusammenhang mit einer Minderung des Arbeitstempos steht auch die Tatsache, dass Schutzeinrichtungen den eigentlichen Arbeits- bzw. maschinellen Prozess zum Teil unterbrechen oder sogar die Arbeit (inkl. Störungsbeseitigung) erschweren.

Grundsätzlich wird eine Gestaltungsidee für ein Arbeitsmittel oder einen Arbeitsablauf nur dann akzeptiert, wenn sie keine Zeitverzögerung und keine Unbequemlichkeit mit sich bringt. Auch ergonomische Lösungen sind immer nur dann gut, wenn sie problemlos in Abläufe integriert werden können bzw. der Ablauf in den Bewegungsfolgen und zeitlich optimiert wird. Das muss nicht bedeuten, dass sich eine Maschine oder ein Ablauf durch ergonomischere Gestaltung nicht ändern darf; die Vorteile der ergonomischeren Lösung müssen aber für den Arbeitenden nachvollziehbar sein.

Am sichersten, am wenigsten belastend in physischer Hinsicht und zeitlich optimiert sind in der Regel die Lösungen, in denen alles automatisch ausgeführt wird und der Mensch nur noch wenig in den Prozess eingreifen muss. Zum einen können aber viele Arbeitsschritte maschinell nicht bewerkstelligt werden, weil der Mensch manche Feinarbeiten anders und besser ausführen kann als Maschinen. Auch ist eine Automatisierung oft zu teuer. Zum anderen sind automatisierte Lösungen häufig nicht am menschengerechtesten, d. h. am ergonomischsten im Sinne der vier Stufen nach *Rohmert*. Sobald der Mensch im Arbeitsprozess tätig ist, muss dieser noch interessant genug bleiben, um Monotonie zu vermeiden und ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit zu erhalten. Ein zu hoher Grad an Monotonie kann Unzufriedenheit fördern oder sogar schon un-zumutbar sein. Der in den Antworten genannte Wunsch nach Bequemlichkeit darf unter diesem Aspekt nicht fehlinterpretiert werden.

zu c) Sonderbetrieb/Arbeitsphasen

Die allgemeine Befragung hat ergeben, dass Manipulationen insbesondere bei folgenden Betriebsarten außerhalb des Automatikbetriebs die Arbeit erleichtern:



Einrichten/Einstellen, Störungsbeseitigung, Reinigung/Wartung, Umbauen/Rüsten/
Werkzeugwechsel.

Die europäische Maschinenrichtlinie (98/37/EG) fordert: *„Durch die Bauart der Maschinen muss gewährleistet sein, dass Betrieb, Rüsten und Wartung bei bestimmungsgemäßer Verwendung ohne Gefährdung von Personen erfolgen. Die Maßnahmen müssen darauf abzielen, Unfallrisiken während der voraussichtlichen Lebensdauer der Maschine, einschließlich der Zeit, in der die Maschine montiert und demontiert wird, selbst in den Fällen auszuschließen, in denen sich die Unfallrisiken aus vorhersehbaren ungewöhnlichen Situationen ergeben.“*

Die für eine Maschine anzustrebende Sicherheit muss sich also auf alle Arbeitsphasen, d. h. alle Betriebsarten und notwendigen manuellen Eingriffe, und sogar auf alle Lebensphasen der Maschine beziehen. Diese Sicherheit kann nur gewährleistet sein, wenn ergonomisch gestaltet wurde. Wichtig ist, dass ergonomische Lösungen schon bei der Konstruktion von Maschinen und Anlagen und der dortigen Integration von Schutzeinrichtungen gesucht werden. Der Konstrukteur muss bereits alle Arbeitsphasen im Blick haben.

Zu dem Fragenkomplex „Sind Schutzeinrichtungen nachträglich angebaut worden?“ und „Sind Schutzeinrichtungen eventuell schwierig zu bedienen, weil neuartig und gewöhnungsbedürftig?“ gibt der spezielle Fragebogen (siehe Anhang A, Seite 143) Auskunft. Die Auswertungen zeigen, dass Schutzeinrichtungen in der untersuchten Stichprobe i. d. R. mit der Maschine ausgeliefert werden und auch nicht neuartig sind. Trotzdem zeigen sich deutliche Einschränkungen der Ergonomie.

Vermutlich können Maschinenkonstrukteure ihre Aufgaben noch besser erfüllen, wenn folgende Punkte eingehalten werden:

- Berücksichtigung von Maschinenabläufen beim Konstruktionsprozess und die daraus folgende Integration der Schutzeinrichtung in die Maschinenkonstruktion (abgesehen von der Gestaltung der Schutzeinrichtung selbst), damit verbunden eine bessere Anpassung an den Benutzer,



- ❑ Arbeits- und Bedienabläufe derart gestalten, dass sie – falls notwendig – die gleichzeitige Verwendung bzw. Benutzung von Schutzeinrichtungen berücksichtigen,
- ❑ bei mehreren Alternativen die am besten geeigneten Schutzeinrichtungen wählen und nicht diejenigen, die weniger Anschaffungskosten und eventuell sogar höhere Betriebskosten verursachen.

Bei einer frühzeitigen Integration ins Gesamtmaschinenkonzept bedeutet dann die Verwendung einer Schutzeinrichtung nicht automatisch die Einschränkung des Arbeitstempos. Die Normung kann in diesem Bereich eine wichtige unterstützende Funktion wahrnehmen.

4.3 Ergebnisse aus betrieblicher und organisatorischer Sicht

Der Fokus nachfolgender Betrachtungen richtet sich auf den betrieblichen Hintergrund bei den Maschinenbetreiberfirmen. Zu unterscheiden sind dabei zum einen arbeitsorganisatorische Aspekte wie beispielsweise die zeitliche Arbeitsgestaltung, Organisation von Neubeschaffungen bzw. Änderungen, Vereinbarung von Zuständigkeiten oder auch die innerbetriebliche Duldung von Manipulationshandlungen. Zum anderen zeigen die Auswertungen, ob und wie weit das Thema Manipulation in der Sicherheitskultur der Betreiberfirmen, z. B. in Schulungen, Sicherheitsbelehrungen oder anderweitigen Informationsveranstaltungen, bereits repräsentiert ist.

4.3.1 Duldung von Manipulationen im Betrieb

Die Auswertung der allgemeinen Befragung zeigt, dass nach Aussage der Befragten in etwa einem Drittel aller Betriebe manipulierte Maschinen bzw. Schutzeinrichtungen geduldet werden. Diese sehr allgemeine Einschätzung erfährt durch die spezielle Befragung in den Betrieben weitere Unterstützung: Knapp 60 % der Befragten geben an, dass in ihrem Betrieb Manipulationen geduldet werden. Berücksichtigt man für die Auswertung lediglich die Aussagen der Maschinenbediener, so erhöht sich der Wert



sogar auf über 70 %. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei der speziellen Befragung die Aussagen aus Betrieben stammen, in denen nachweislich manipuliert wird, während die allgemeine Befragung den Kreis der Befragten auch auf Betriebe ausdehnt, in denen dies nicht zwangsläufig der Fall ist. Bezieht man die Unternehmensgröße in die Betrachtung ein, dann zeigt sich, dass vor allem die kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Speziell bei ihnen ist die Duldung mit ca. 86 % im Vergleich zu Großbetrieben mit 56 % besonders hoch.

Bei der direkten Frage danach, ob von den Maschinenbedienern erwartet wird zu manipulieren, geben immerhin 14 % (nur Maschinenbediener: 18 %) an, dass dies der Fall sei. Diese Aussage ist jedoch noch weiter zu differenzieren. Beispielsweise geben ca. 42 % dieser Gruppe an, dass ein starker Druck der Kollegen vorhanden ist, Manipulationen vorzunehmen. Folglich kann bei etwa 7 % der untersuchten Fälle davon ausgegangen werden, dass Manipulationen von betrieblicher Seite direkt, also aktiv, erwartet werden.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Tatsache, dass die Manipulation in gut der Hälfte der auswertbaren Angaben zusammen mit Kollegen durchgeführt wurde, in knapp der Hälfte nicht. Die Ergebnisse der Untersuchungen aus psychologischer Sicht ergeben, dass die Manipulation in der Mehrzahl der Fälle ebenso leicht auszuführen wie auch wieder rückgängig zu machen ist. Dennoch wird die Hälfte aller Manipulationshandlungen zusammen mit Kollegen ausgeführt.

Wie wenig ein bedeutender Teil der Betreiberfirmen für das Thema sensibilisiert ist, zeigt sich beispielsweise auch darin, dass Manipulation lediglich in 32 % der Betriebe thematisiert wird. Nur in knapp 20 % der Firmen werden organisatorische Maßnahmen getroffen, um Sicherheitsproblemen beim Umgehen von Schutzeinrichtungen zu begegnen.



4.3.2 Schulung und Unterweisung

Betrachtet man diejenigen Aspekte, die sich auf die Ausbildung der Belegschaft beziehen, dann zeigt sich, dass etwa 60 % der Maschinenbediener nachweislich unterwiesen wurden, gut 20 % allerdings nicht. Bereits in den Ausführungen zur Gefahrenwahrnehmung (Abschnitt 4.1, Seite 31) wurde deutlich, dass sich die Gefährdungseinschätzungen der Maschinenbediener und die der Arbeitsschutzexperten (Aufsichtspersonen bzw. Fachkraft für Arbeitssicherheit) deutlich und statistisch signifikant dadurch unterscheiden, dass Maschinenbediener die durch die Manipulation erhöhte Gefährdung im Allgemeinen unterschätzen. Folglich ist dieser Personenkreis nicht hinreichend durch bereits existierende Schulungs- oder Informationsmaßnahmen über die Gefährdung aufgeklärt. Doch nicht nur die Gefährdungseinschätzung erscheint nicht adäquat, auch die betrieblichen und rechtlichen Konsequenzen der Manipulation sind etwa 58 % der Befragten (56 % bei ausschließlicher Betrachtung der Angaben durch Betriebsangehörige) unklar. Darüber hinaus zeigt sich etwa ein Viertel der Vorgesetzten über mögliche Rechtsfolgen der Manipulation nicht aufgeklärt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei Mitarbeitern und Vorgesetzten ein erheblicher Informationsbedarf zum Thema Manipulation vorliegt. Sowohl Maßnahmen, die auf die Verbesserung der Gefährdungseinschätzungen zielen, als auch Informationen über Konsequenzen von Manipulationshandlungen rechtlicher wie betrieblicher Art könnten die Sensibilisierung für Manipulation in den Betrieben stärken. Schließlich werden bei der offenen Frage danach, welche betrieblichen Maßnahmen ergriffen werden müssten, Unterweisungen oder Schulungen von einem Viertel der Befragten direkt gefordert.

4.3.3 Auffälligkeit von Manipulationen

Eine besondere Schwierigkeit ergibt sich für den Maschinenbetreiber daraus, dass Manipulationshandlungen in vielen Fällen nicht auf den ersten Blick zu erkennen sind. Während beispielsweise ein manipulierter Positionsschalter oftmals leicht zu identifizieren ist, sind Veränderungen an der Software nur nach deren genauer Analyse nachweisbar. Da in vielen Fällen – etwa 75 % der untersuchten Manipulationen – kein



materieller Aufwand für die Manipulationshandlung getrieben werden musste, ist sie vor Vorgesetzten oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit ohne viel Mühe zu verheimlichen. Auch dass sie leicht rückgängig zu machen ist (90 %), erschwert den für die Arbeitssicherheit verantwortlichen Instanzen das Erkennen manipulierter Maschinen oder Schutzeinrichtungen. Allerdings ist aus ökonomischer Sicht auch bemerkenswert, dass in einigen Fällen bis zu drei Stunden für die Manipulation aufgewendet werden.

4.3.4 Geringe Produktivität an Maschinen mit Sicherheitstechnik

Neben den bereits aufgezeigten Gründen für die Manipulation steht insbesondere eine vermeintliche oder reelle Steigerung der Stückzahlen und damit der Produktivität im Vordergrund des Manipulationsgeschehens und bietet sich auch als Ausrede für die Manipulationshandlungen an. Im Zeitalter der Automatisierung erwartet man daher insbesondere bei manuellen Handlungen eine Manipulation und nicht im Automatikbetrieb. Die Befragung zeigt ein anderes Bild auf: 69 % der Manipulationen werden im Automatikbetrieb nicht zurückgenommen, obwohl sie zu 90 % schnell (in durchschnittlich 12 Minuten) wieder rückgängig gemacht werden könnten. Nur 18 % der manipulierten Maschinen werden in besonderen Betriebsarten, vermutlich bei manuellen Eingriffen, wieder in den sicheren Stand zurückgesetzt. Bei Verwendung von frei verfügbaren Gegenständen für Positionsschalter wäre die Wiederherstellung noch wesentlich schneller möglich. Hinter vorgehaltener Hand bestätigen die Hersteller von Positionsschaltern, dass Gegenstände deutlich häufiger verkauft werden als die dazu gehörenden Schalter.

Mehr als die Hälfte (53 %) der untersuchten manipulierten Maschinen sind nicht älter als zehn Jahre. Neue Maschinen besitzen in der Regel einen hohen Grad an Automatisierung. Doch gerade an diesen neuen Maschinen gibt es das Bedürfnis zu manipulieren. Dies ist ein Indiz dafür, dass auch die Konstruktion neuerer Maschinen den Erfordernissen des Maschinenbedieners nicht gerecht wird und dass auch Maschinen neueren Datums aufgrund der Sicherheitstechnik nicht die maximal mögliche Produktivität entfalten können. Geht man davon aus, dass Manipulation zur Verringerung von Zeitdruck und Abbau von Hemmnissen bei der Arbeit effektiv ist, dann lässt dies



den Schluss zu, dass auch neuere Maschinen den Erfordernissen von Betreiber (Organisation) und Arbeitsschutz nicht gleichzeitig gerecht werden können. Dies ist insofern eine dramatische Aussage, als die manipulierte Maschine weder dem Betreiber noch dem Maschinenbediener nutzt, obwohl der Betreiber zum Schutze des Bedieners nicht unerhebliche Finanzmittel für Anschaffung und Erhalt von Sicherheitseinrichtungen an Maschinen investiert.

Störungen scheinen an Maschinen nicht selten aufzutreten. In der Regel können sie (zu 74 %) vom Bediener der Maschine selbst behoben werden. Hier stellt sich die wichtige Frage nach der Rückmeldung von Störungen an den Einkäufer der Maschine. Solange die Störungsbeseitigung einfach funktioniert (durch die Manipulation), erfolgt keine Rückmeldung an den Einkäufer und damit keine Reklamation gegenüber dem Maschinenhersteller. Gerade Manipulation bewirkt also auch ein „Unter-den-Tisch-kehren“ der eigentlichen Probleme mit der Maschine. Auf Organisationsseite wären hier Kontrollen wünschenswert, die Störungsbeseitigungen protokollieren und zahlenmäßig erfassen – nicht um den Mitarbeiter zu belasten, sondern um die Spezifikation der Maschine mit der tatsächlichen Realisierung zu überprüfen. Dies würde auch die Innovation neuer Ideen fördern und die Lohnstückkosten langfristig entscheidend senken.

4.3.5 Sicherheitskultur in den Unternehmen

Das Risikobewusstsein scheint – auch aus Mangel an erforderlichen Kenntnissen – sowohl auf Seiten der Betreiber als auch auf Seiten der Arbeitnehmer gering: In 22 % wurden die Bediener nachweislich nicht unterwiesen; vermutlich auch aus Zeitgründen wird die Bedienungsanleitung, die Sicherheitshinweise enthalten muss, nur in 34 % beachtet, 24 % der Vorgesetzten sind sich über Folgen der Manipulation nicht im Klaren. Von 61 % der Bediener wird die Manipulation erwartet.

Manipulationen werden zu einem Drittel zusammen mit Kollegen durchgeführt. Hier ist neben dem Vorgesetztendruck auch ein gewisser Gruppenzwang zu erkennen. Das zeigt einen nicht unerheblichen Mangel an Sicherheitskultur in den Betrieben



auf und eine kollektive Ablehnung der Sicherheitsmechanismen bzw. ein kollektives Verständnis für die scheinbare Notwendigkeit der Manipulation. Genaue Aufklärung und auch das Bekanntwerden von Unfällen an manipulierten Maschinen als abschreckende Beispiele könnten hier helfen. In jedem Fall sollte Manipulation bei der Sicherheitsunterweisung, auch unter dem Aspekt der Produktivität, als gefährlicher Eingriff thematisiert werden.

4.3.6 Einkauf von Maschinen

Aufgrund der oben genannten Fakten ist neben einer verbesserten Information insbesondere der Einkauf von Maschinen zu beleuchten. Der Betreiber hat nur über die Vertragsgestaltung einen Einfluss auf vernünftige Bedienkonzepte bei guter Produktivität und ausreichender Sicherheit. Da es sich bei 71 % der befragten Betriebe um kleine und mittelständische Unternehmen handelt, sollte hierbei auch das Risiko eines Unfalles mit anschließenden Ausfallkosten ins Kalkül gezogen werden.

Den Antworten zum Fragenkomplex X. der speziellen Befragung entnimmt man, dass Abhilfen durch den Neukauf oder Umbau von Maschinen oder Einführung einer Betriebsart zur Beobachtung des Bearbeitungsprozesses (8 % und 5 %) denkbar sind.

In 52 % der Fälle geben die Bediener an, dass sie beim Einkauf nicht berücksichtigt werden: Dies wird bei den direkten Fragen von 5 % der Bediener als Verbesserung vorgeschlagen. Auch dem Einkäufer von Maschinen muss entsprechende Hilfe angeboten werden, da die Usability (Benutzerfreundlichkeit) einer Maschine mit Sicherheitstechnik in den Datenblättern sehr oft nicht zur Geltung kommt. Kennzeichnung an Maschinen allein reicht jedenfalls nicht aus, da 75 % der manipulierten Maschinen mit einer CE-Kennzeichnung aufwarten. Auch die Maschinenrichtlinie und nachfolgende A-Normen berücksichtigen das „Umgehen auf einfache Weise“ und die „Funktion“ der Maschinen. Andere Zeichen sind allerdings eher seltener anzufinden. Eine Prüfung im Bereich Usability der Sicherheitseinrichtungen könnte aber ein Hinweis auf eine gute Maschine sein. Außerdem könnte sich der Einkäufer eine Checkliste, einen Fragenkatalog oder ein anderes Werkzeug zunutze machen, um die kritischen Punkte in Bezug auf Manipulation aufzudecken.



Insbesondere bei der Entwicklung neuer Technologien, z. B. bei manuellen Pressen, wird die Produktivität nicht notwendigerweise durch Sicherheitstechnik eingeschränkt. Bei einer deutlichen Anzahl von Maschinenkonstruktionen schützt die Sicherheitstechnik sogar Werkstücke und Maschinen. Solche Konzepte in der Produktion durchzusetzen, liegt sehr stark in der Hand der Betreiber: Durch stärkeres Einbeziehen der Menschen, die mit den Maschinen arbeiten, Verbesserung der Information und Schulung, Verbesserung der Rückmeldung von Störungen bis hin zum Maschinenhersteller und eine bessere Kalkulation, die auch Nebenkosten wie Verdienstausschlag, Aufwendung für Störungsbeseitigung etc. einbeziehen.

4.3.7 Betriebliche und organisatorische Maßnahmen

Aus den obigen Ausführungen ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Berücksichtigung des Themas Manipulation bei der Sicherheitsbelehrung,
- Informationsaustausch mit Maschinenbedienern und Organisation sollte institutionalisiert werden (mit einfacher „Bürokratie“),
- beim Kauf einer neuen Maschine durch den Betreiber: Initiierung eines „Bewerbungsgesprächs“ zwischen konkurrierenden Herstellern, Betreiber und Bediener, in dem das Thema Manipulation aufgegriffen wird, und Konkretisierung manipulationssicherer Schutzeinrichtungen (speziell Verriegelungseinrichtungen) im Pflichtenheft,
- Einbeziehung von Fachkräften für Arbeitssicherheit, Produktionsfachleuten und Bedienern bei der Planung und Beschaffung technischer Arbeitsmittel (einschließlich Anfertigung für den Eigenbedarf),
- Überprüfung (Sicht- und Funktionsprüfung) vor erster Inbetriebnahme und vor Abgabe an die Produktion,



- Top-Down-Auswertung von Störungsbüchern oder aktive Rückfrage von „oben“ nach „unten“ über konkrete Manipulationen, deren Gründe und mögliche Änderungen,
- bewusster Umgang mit Manipulation durch Schaffung einer entsprechenden Sicherheitskultur in der Vertikalen (Vorgesetzte) und Horizontalen (Kollegen),
- Bereitstellung von Werkzeugen für den Einkäufer im Sinne von Hilfen, entwickelt unter Einbeziehung der Bedürfnisse des Bedieners,
- offene Diskussion zwischen Betreiber und Hersteller zum Thema Manipulation, wie äußert sich der Hersteller?
- vertragliche Gestaltung bei Kauf oder Um-/Nachrüstung einer Maschine, sodass die Bedienerkonzepte und Schutzkonzepte der gewünschten Produktivität angepasst werden,
- Wunschzettel- und anonymes Meckerkastensystem aller Beteiligten in Richtung des Maschinenherstellers
- Verbesserung von Bedienkonzepten an Maschinen und daraus abgeleiteter Wettbewerbsvorteil für den Hersteller (z. B. durch Signet „Usability und Productivity geprüft“)

4.4 Ergebnisse aus technischer Sicht

Die Auswertung der Erhebungsdaten zu Werkzeugmaschinen aus der speziellen Befragung im Betrieb lässt eine Häufung von Manipulationen an folgenden Maschinenarten erkennen:

- Bearbeitungszentren,
- CNC-Drehmaschinen und CNC-Fräsmaschinen,
- Pressen.



Sowohl allgemeine als auch spezielle Befragung zeigen auf, dass Manipulationen schwerpunktmäßig an den folgenden Schutzeinrichtungen stattfinden:

- bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Positionsschalter oder Zuhaltung (54 %),
- mechanische, nicht bewegliche trennende Schutzeinrichtungen (35 %).

Im Folgenden soll aus technischer Sicht analysiert werden, aus welchen Gründen Schutzeinrichtungen manipuliert werden. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden dann Maßnahmen vorgeschlagen, um die Beweggründe für Manipulation zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren.

4.4.1 Manuelle Eingriffe mit Manipulationen

Für die Bewertung der Motivation zur Manipulation ist die Kenntnis der Betriebsart erforderlich, in der sich die Maschine zum Zeitpunkt der Manipulation befindet. Im Automatikbetrieb sollten nur wenige manuelle Eingriffe erforderlich sein, während der Bediener bei anderen Tätigkeiten wie Einrichten, Einstellen usw. naturgemäß eingreifen muss. Manipulation an einer Maschine kann in mehreren Betriebsarten stattfinden, daher ist die Fallzahl von 514, in der die Betriebsarten manipuliert wurden, größer als die Zahl der manipulierten Maschinen (201).

Automatikbetrieb und Nachregeln:

Die Manipulationen finden am häufigsten bei folgenden Eingriffen statt, die alle dem Automatikbetrieb zugeordnet werden:

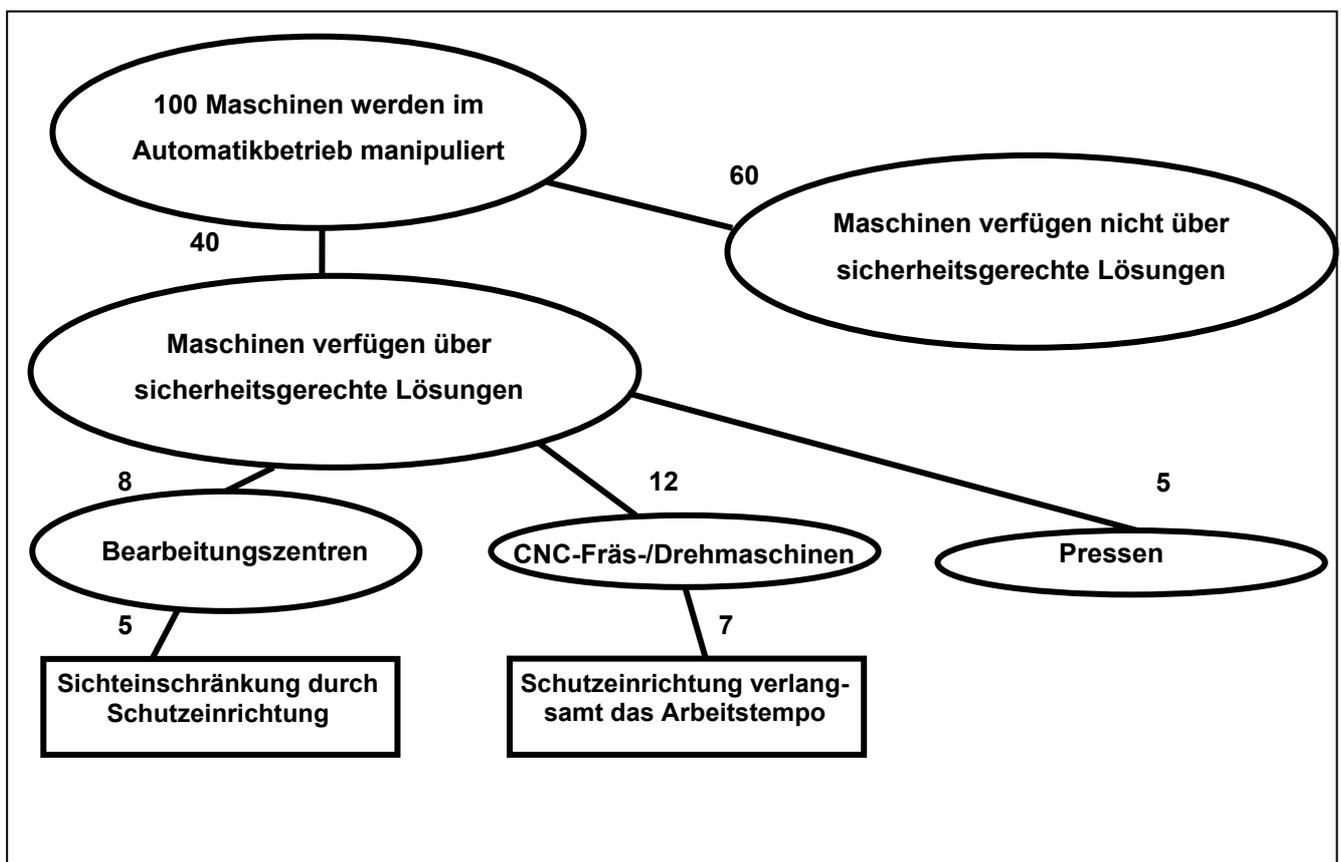
- | | |
|---------------------------------------------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> Automatikbetrieb | 19,5 % |
| <input type="checkbox"/> Nachregeln und Justieren | 9,1 % |
| <input type="checkbox"/> Störungsbeseitigung im Arbeitsablauf | 6,2 % |
| <input type="checkbox"/> Materialzufuhr und -abfuhr | 5,8 % |



Von 202 manipulierten Maschinen werden 100 Maschinen im Automatikbetrieb manipuliert. Von diesen 100 Maschinen verfügen 60 nicht über sicherheitsgerechte Lösungen für manuelle Eingriffe, 40 verfügen darüber, werden aber trotzdem manipuliert. Maschinen müssen in der Fertigung auch dann betrieben werden, wenn keine geeigneten sicherheitsgerechten Lösungen für notwendige manuelle Eingriffe vorgesehen sind. Insofern ist die Manipulation der 60 Maschinen zu erklären. Warum aber werden 40 Maschinen manipuliert, obwohl sie für manuelle Eingriffe des Bedieners vorbereitet sind?

In Abbildung 1 ist dargestellt, welchen wesentlichen Maschinenarten die 40 manipulierten Maschinen mit sicherheitsgerechten Lösungen zuzuordnen sind und welche Gründe bei diesen Maschinenarten für die durch die Schutzeinrichtung verursachte Behinderung angegeben werden.

Abbildung 1:
Manipulation im Automatikbetrieb infolge von
Behinderungen durch Schutzeinrichtungen





Es kann davon ausgegangen werden, dass die genannten ergonomischen Mängel die wesentliche Motivation zur Manipulation dieser Maschinen sind. Bei Bearbeitungs-entren steht offensichtlich die Einschränkung der Sicht im Vordergrund (5 von 8), während bei den CNC-Fräs- und Drehmaschinen eine Verlangsamung des Arbeitstempos (7 von 12) festzustellen ist. Für die manipulierten Pressen konnten keine Schwerpunkte festgestellt werden.

Die Anzahl der Manipulationen im Automatikbetrieb ist erstaunlich hoch, da die Automatisierung des Fertigungsablaufs doch eigentlich manuelle Tätigkeiten weitgehend reduzieren sollte. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sicherheitstechnische Einrichtungen den Betrieb der Maschine teilweise einschränken, sodass bestimmte Arbeitsabläufe offensichtlich nicht mehr durchführbar sind. Als Beispiel sei das Schmirgeln und Ankratzen bei CNC-Drehautomaten genannt, das aufgrund der im Einrichtbetrieb unzureichenden Spindel- oder Futterdrehzahlen dann doch im manipulierten Automatikbetrieb durchgeführt wird.

Andere Tätigkeiten

(z. B. Einrichten, Einstellen, Umbauen, Rüsten, Werkzeugwechsel)

Die Manipulationen finden am häufigsten bei folgenden weiteren Tätigkeiten außerhalb des Automatikbetriebs statt:

<input type="checkbox"/> Einrichten und Einstellen	19,7 %
<input type="checkbox"/> Programmieren, Programmtest und Testlauf	10,7 %
<input type="checkbox"/> Umbauen, Rüsten und Werkzeugwechsel	5,3 %

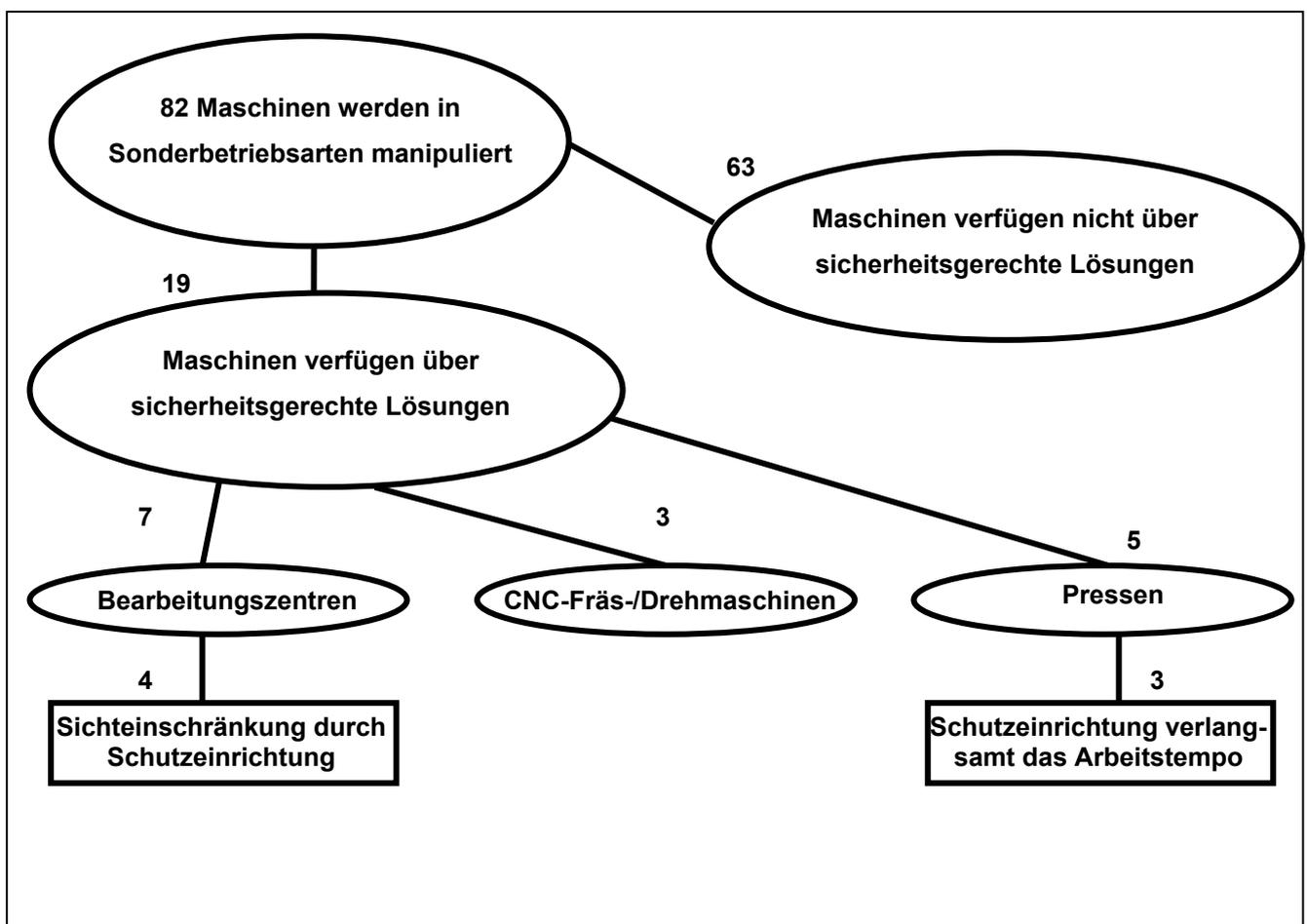
Von 202 manipulierten Maschinen werden 82 Maschinen in Sonderbetriebsarten manipuliert. Von diesen 82 Maschinen verfügen 63 über keine sicherheitsgerechten Lösungen, 19 verfügen darüber, werden aber trotzdem manipuliert.

In Abbildung 2 (siehe Seite 59) ist dargestellt, welchen wesentlichen Maschinenarten die 19 manipulierten Maschinen mit den bereits vorgesehenen sicherheitsgerechten



Lösungen zuzuordnen sind und welche Gründe bei diesen Maschinenarten für die durch die Schutzeinrichtung verursachte Behinderung angegeben werden. Bei Bearbeitungszentren steht offensichtlich die Einschränkung der Sicht durch die Schutzeinrichtung im Vordergrund (4 von 7), während bei Pressen eine Verlangsamung des Arbeitstempos (3 von 5) festzustellen ist. Für die manipulierten CNC-Fräs- und Drehmaschinen konnten keine Schwerpunkte festgestellt werden.

Abbildung 2:
Manipulation außerhalb des Automatikbetriebs infolge
von Behinderungen durch Schutzeinrichtungen



Die Beanstandung von Sichtbehinderungen durch Schutzeinrichtungen bei Bearbeitungszentren ist nicht ohne weiteres nachvollziehbar, da bei diesen Maschinen das Öffnen der Tür keine Verbesserung der Sicht bewirkt. Die Sicht auf das Werkstück ist



während der Bearbeitung ohnehin durch den Einsatz von Kühlschmierstoffen stark eingeschränkt, hinzu kommen Behinderungen durch Späneflug.

4.4.2 Aufwand der Manipulation aus technischer Sicht

Bei den betrachteten Maschinen wurden vorwiegend bewegliche (148 von 279) oder fest stehende (101 von 279) Schutzeinrichtungen manipuliert. Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, Zweihandschaltungen, Zustimmschaltungen usw. spielten praktisch keine Rolle. Die Manipulationen wurden durch folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Maßnahmen am elektromechanischen Positionsschalter 73,0 %
- Demontage feststehender Schutzeinrichtung 8,7 %
- Veränderung der Software 3,2 %

In 92 von 126 Nennungen wurde der elektromechanische Positionsschalter manipuliert. Dabei wurden folgende Methoden benutzt:

- getrennter Betätiger demontiert und eingesteckt 31,7 %
- Überbrückung des Schalters durch andere Gegenstände 18,3 %
- Positionsschalter demontiert 16,7 %
- Ersatzbetätiger eingesteckt 6,4 %

Positionsschalter sind meist leicht zugänglich montiert und schnell ausbaubar. Insbesondere eignet sich der Positionsschalter der Bauart 2 mit getrenntem Betätiger (siehe Abbildung 3, Seite 61) zur Manipulation (mindestens 48 von 92).

Die Demontage eines Schalters erfolgt durch das Lösen von maximal vier Schraubverbindungen am Schalter und in der Regel zwei Schraubverbindungen am Betätiger. In 61 von 126 Nennungen wurde der Positionsschalter oder der getrennte Betätiger mechanisch demontiert. In 23 von 126 Fällen wurde der Betätiger durch andere



Gegenstände ersetzt, acht von 126 Nennungen belegen, dass ein Ersatzbetätiger eingesetzt wurde. Somit wurde der Positionsschalter auf den schaltungstechnisch „sicheren Zustand“ manipuliert und die Maschine konnte unsicher betrieben werden. Der technische Aufwand für diese Manipulation ist als relativ gering anzusehen, preiswert und schnell durchzuführen und ebenso schnell wieder rückgängig zu machen.

Abbildung 3:
Positionsschalter der Bauart 2 mit getrenntem Betätiger



Immerhin elf von 126 Nennungen belegen die Demontage von fest stehenden trennenden Schutzeinrichtungen, die in der Regel mit mehreren schlecht zugänglichen Schraubverbindungen angebracht sind. Vier von 126 Nennungen zeigten eine Veränderung der Software als Manipulationsart. Dies setzt ein großes Wissen des Manipulierenden voraus und bedeutet einen großen Aufwand für die Manipulation. Bei diesen Maschinen ist zudem anzunehmen, dass sie nicht den Anforderungen der Maschinenrichtlinie genügen. Zumindest bei älteren Maschinen musste die Sicherheitstechnik ohne programmierbare Steuerungen realisiert werden, sodass Manipulationen durch Veränderungen der Software nicht möglich sein dürften. Dies ändert sich erst seit kurzer Zeit mit der Verfügbarkeit der Sicherheits-SPS (SPS = Speicher programmierbare Steuerungen).



4.4.3 Zusammenhang mit Richtlinien und Normen

Bereits seit 1993 existiert die für die sicherheitstechnische Konstruktion grundlegende Maschinenrichtlinie. Dort ist u. a. vorgesehen, eine durchgängige, auf alle vorhersehbaren Betriebszustände abgestimmte Gefahrenanalyse durchzuführen. Hieraus ergeben sich erforderliche Sicherheitsmaßnahmen, die zumindest teilweise aus harmonisierten oder auch nicht harmonisierten Normen entnommen werden können. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt sehr unterschiedlich. Selbst innerhalb von Fachkreisen werden Normen nicht einheitlich ausgelegt. Lösungen zur Verhinderung von Manipulationen durch verbesserten Einbau von trennenden Schutzeinrichtungen und Positionsschaltern sind normativ grundlegend in den europäisch harmonisierten Normen DIN EN 953 und DIN EN 1088 und dem Änderungsentwurf DIN EN 1088/A1 beschrieben. Beispiele sind das Befestigen von Schaltern oder deren Betätigern durch nicht lösbare Schraubverbindungen. Dies ist bei den betrachteten Maschinen offensichtlich nicht erfolgt, da der Aufwand zur Durchführung der Manipulationen als gering angegeben wurde. Wesentlich grundlegender ist jedoch, dass die meisten Maschinen nicht über sicherheitsgerechte Lösungen für manuelle Eingriffe verfügen, obwohl diese erforderlich sind. Hier wurde versäumt, ein durchgängiges Bedienungskonzept vorzusehen. Dies ist sicherlich auch durch die mit zusätzlichen Maßnahmen verbundenen Mehrkosten (Sicherheit darf nichts kosten ...) sowie eine ungeeignete Fokussierung der Hersteller auf rein technische Lösungen begründet. Auch die Normen zu den betroffenen Maschinen bieten keine praxismgerechten Sicherheitskonzepte an.

Es ist festzustellen, dass Manipulationen an Maschinen ab dem Baujahr 1995 zunehmen. Hier kann ein Zusammenhang mit der Verbindlichkeit der Maschinenrichtlinie seit dem 1.1.1995 vermutet werden. Aus der Unsicherheit darüber, wie die Anforderungen der Maschinenrichtlinie erfüllt werden können, resultierte sicherlich oftmals ein „Zumauern der Maschinen“ – die Freiheitsgrade der Maschinenrichtlinie wurden nicht genutzt und die damit verbundenen Behinderungen beim Betrieb führten dann zu den Manipulationen.



4.4.4 Maßnahmen gegen Manipulationen von Schutzeinrichtungen

Mögliche Maßnahmen gegen die Manipulation von Schutzeinrichtungen bestehen – auch in Übereinstimmung mit den Ergebnisinterpretationen der anderen Disziplinen – darin, die Notwendigkeit zur Manipulation zu beseitigen und den erforderlichen Aufwand zu erhöhen. Solange allerdings Maschinen nur mit der Umgehung von Schutzeinrichtungen betrieben werden können, ist zu erwarten, dass alle Maßnahmen lediglich zu einer veränderten Durchführung von Manipulationen führen werden. Manipulation kann nur verhindert werden, wenn die Schutzeinrichtungen beim Betrieb der Maschine keine Behinderung darstellen. Andere Maßnahmen können sinnvolle Ergänzungen sein.

Sicherheits- und Bedienungskonzept für den Betreiber

Beim Hersteller von Maschinen muss die Frage gestellt werden, ob die in den Normen beschriebenen Lösungsansätze für den Einsatz im betrieblichen Alltag ausreichend sind bzw. von den Maschinenherstellern im Rahmen einer durchgängigen Maschinenkonzeption richtig eingesetzt werden können. Gegebenenfalls müssen alternative Konzepte für ein durchgängiges Sicherheits- und Bedienkonzept entwickelt werden, sodass in allen Betriebsarten und für alle Eingriffe ein sicheres Arbeiten ermöglicht wird.

Verdeckte und unlösbare Anbringung von Schutzeinrichtungen

Der verdeckte Einbau und die damit erschwerte Erreichbarkeit von Befestigungen sowie Montagearten zur unlösbaren Anbringung von Schutzeinrichtungen sind seit vielen Jahren bekannt und in DIN EN 1088 beschrieben. Die Anwendung dieser Möglichkeiten ist sicherheitstechnisch wünschenswert, jedoch aus fertigungs- und wartungstechnischen Gründen von Nachteil. In der Praxis sind die vorgeschlagenen Lösungen daher nur schwer durchsetzbar. Eine Hilfestellung hierzu könnte durch Festlegungen in den maschinenspezifischen Normen erfolgen.



Selbstüberwachung durch die Maschinensteuerung

Die Steuerung kennt den Status der Maschine und kann hieraus eine Erwartungshaltung über den Zustand von Verriegelungen mit Schutzeinrichtungen durchführen. Technische Voraussetzung für die Durchführung einer Plausibilitätsprüfung (Selbstüberwachung) ist der Einsatz leistungsfähiger Speicher programmierbarer Steuerungen (SPS). Die Prüfung kann z. B. so erfolgen, dass die Maschinensteuerung nach einem Impuls beim Öffnen der Tür einen Schließimpuls erwartet. Werden so unerwartete Zustände der Schutzeinrichtungen festgestellt, unterbricht die Software den Maschinenbetrieb. Der Programmteil dieser Signalverarbeitung muss dem Bediener unzugänglich sein.

Erhöhung des Manipulationsaufwandes

Eine Erhöhung des Manipulationsaufwandes schränkt die Bereitschaft, Manipulationen auszuführen, ein. Technische Möglichkeiten sind die Anbringung von verdeckt montierten Schaltern mit codierten Gegenstücken und manipulationssichere Anbringung von Schutzeinrichtungen – z. B. durch Einwegschrauben oder nicht schraubbare Verbindungstechniken – überall dort, wo diese praxisgerecht eingesetzt werden können.

Betriebsart „Prozessbeobachtung“

In Einzelfällen ist es sinnvoll, die Betriebsart „Prozessbeobachtung“ einzusetzen (siehe Merkblatt in Anhang D, Seite 199), bei der ein Maschinenbetrieb ggf. mit sehr eingeschränkten Schutzeinrichtungen möglich ist. Dies kann jedoch mit einem erhöhten Gefahrenpotenzial verbunden sein. Deshalb darf hiervon nur Gebrauch gemacht werden, wenn keine anderen Möglichkeiten bestehen. In der Praxis ist aber festzustellen, dass an Maschinen, bei denen diese Betriebsart realisiert ist, oftmals ein Missbrauch dieser Betriebsart erfolgt. Insofern kann diese Maßnahme keine generelle Lösung sein.



4.4.5 Umsetzung der Maßnahmen

Bei der Konstruktion und Herstellung von Maschinen

Die effektivste Maßnahme zur Verhinderung von Manipulationen ist letztlich eine konsequente Analyse der Gefahren unter Berücksichtigung aller Betriebsarten und Tätigkeiten an einer Maschine. Darauf basierend ist ein durchgängiges Sicherheits- und Bedienkonzept zu erarbeiten. Dabei ist der künftige Betreiber einer Maschine zu beteiligen, sodass alle Betriebszustände vorhersehbar sind. In begründeten Einzelfällen kann der Einsatz der Betriebsart „Prozessbeobachtung“ vorgesehen werden.

Die Positionsschalter der Bauart 2 werden am häufigsten manipuliert. Daher ist zu überlegen, ob andere Ausführungen zur Stellungsüberwachung von Schutztüren eingesetzt werden können. Scharnierschalter lassen sich z. B. in der Regel nicht auf einfache Weise umgehen.

In der Normung

Die Normung im betrachteten Maschinenbereich bietet zur Verhinderung von Manipulation überwiegend keine Lösungen an. Bereits im Jahre 2003 wurde die Problematik in den entsprechenden Normungskreisen, z. B. CEN/TC 143 und ISO/TC 199, eingebracht und thematisiert. Als Ergebnis wurde zunächst die Betriebsart „Prozessbeobachtung“ in die harmonisierten Normen DIN EN 12417 „Bearbeitungszentren“ und DIN EN 13128 „Fräs- und Bohrfräsmaschinen“ aufgenommen. Dem Erfolg versprechenden Ansatz der Erstellung eines durchgehenden Sicherheits- und Bedienkonzepts folgt die Norm für integrierte Fertigungssysteme im aktuellen Entwurf der DIN EN ISO 11161, insbesondere fokussiert auf Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, sowie auf die Fehlersuche. Ein Anfang ist mit dem Änderungsentwurf DIN EN 1088/A1 gemacht: Die darin enthaltenen neuen Festlegungen tragen wesentlich zu einer Erhöhung der Manipulationssicherheit bei, wenn sie von Herstellern realisiert werden.

Es wäre sehr wünschenswert, wenn weitere Normungsgremien diese Gedanken aufgreifen würden. Hilfreich wäre auch, wo sinnvoll, die normative Festlegung der



verdeckten oder unlösbaren Anbringung von Schutzeinrichtungen und weiterer Maßnahmen zur Erhöhung des Aufwands für Manipulationen sowie zu deren Erkennung.

Bei Herstellern von Schutzeinrichtungen

Technisch gesehen bieten Hersteller heute schon eine breite praxisgerechte Vielfalt von Schutzeinrichtungen an, z. B. Sicherheitsschalter mit codierten Gegenstücken. Auch auf dem Gebiet der elektronischen Bausteine, Sicherheitsbussysteme und sicherheitsgerichteten Steuerungen sind praxisgerechte Produkte auf dem Markt, die von vielen Maschinenherstellern – häufig in unzureichender Form – implementiert werden. Die für sichere Lösungen erforderlichen Komponenten sind also verfügbar, werden aber teilweise nur von wenigen Herstellern angeboten. Oftmals aus Kostengründen oder wegen fehlender Kenntnisse beim Maschinenkonstrukteur werden diese Produkte nicht eingesetzt. Beispielhaft genannt sei hier das Antriebssteuergerät mit integrierten Sicherheitsfunktionen wie „Sicher reduzierte Geschwindigkeit“ und „Sicherer Betriebs halt“. An die Gerätehersteller muss daher die Aufforderung gerichtet werden, notwendige Sicherheitsfunktionen zu vertretbaren Preisen anzubieten und auf den Nutzen zur Verhinderung von Manipulationen aufmerksam zu machen. Ein Schwachpunkt bei allen Verriegelungseinrichtungen ist die Art der Befestigung von Schaltern und Betätigern. Hier sind manipulationssichere Lösungen gefragt und werden im Änderungsentwurf DIN EN 1088/A1 verlangt.

4.4.6 Zusammenfassung

Aus technischem Blickwinkel liegt die Ursache von Manipulationen schwerpunktmäßig auf Sichtbehinderungen und umständlichen Bedienweisen bei Bearbeitungszentren, CNC-Fräsmaschinen und Pressen. Dies tritt insbesondere bei den Betriebsarten auf, bei denen in die Maschine eingegriffen werden muss; sei es, um Werkzeuge zu wechseln oder um fehlerbehaftete Vorgänge nachvollziehen zu können. Ein stringentes Sicherheits- und Bedienkonzept, umgesetzt bereits in den jeweiligen Produktnormen und bei der Konstruktion der Maschinen durch den Hersteller, müsste gemeinsam umgesetzte Grundlage werden, um Manipulationen zu vermeiden.