

Funktionsbedarf nutzergerechter Interaktionssysteme: Befragungsergebnisse aus dem Verbundprojekt HÜMNOS

Rose, Helmuth; Schulze, Hartmut; Moldaschl, Manfred; Selb, Konrad; Siegel, Christoph

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Rose, H., Schulze, H., Moldaschl, M., Selb, K., & Siegel, C. (1999). Funktionsbedarf nutzergerechter Interaktionssysteme: Befragungsergebnisse aus dem Verbundprojekt HÜMNOS. In H. Rose, & H. Schulze (Hrsg.), *Innovation durch Kooperation: nutzerorientiertes Konzept für Interaktionssysteme in der Serienfertigung* (S. 41-81). Frankfurt am Main: Campus Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-237431>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

**Helmuth Rose, Hartmut Schulze,
Manfred Moldaschl, Konrad Selb, Christoph Siegel**

Funktionsbedarf nutzergerechter Interaktionssysteme

Befragungsergebnisse aus dem Verbundprojekt HÜMNOS

1. Zielsetzung und Vorgehensweise bei den Befragungen
2. Ergebnisse der Breiterhebung
3. Ergebnisse der Tiefenuntersuchung

1. Zielsetzung und Vorgehensweise bei den Befragungen

Die Befragungen im Rahmen von HÜMNOS dienten der Abstimmung zwischen den Industriepartnern über die Anforderungen an eine Benutzungsoberfläche. Im Vordergrund der Befragungen stand dabei die Ermittlung der Nutzersicht bei den Anwendern. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Befragungen erfolgten durch eine Arbeitsgruppe, an deren Sitzungen außer den Autoren zeitweilig auch Mitarbeiter von Siemens AG und der Trumpf GmbH teilnahmen.

Die Befragungen erfolgten in einer Breiterhebung und einer Tiefenuntersuchung.

1.1 Zusammenhang zwischen Breiterhebung und Tiefenuntersuchung

Die Breiterhebung wurde auf der Grundlage eines standardisierten Fragebogens durchgeführt. An der Erhebung nahmen 288 Personen teil, davon 180 von Anwenderseite, 76 von Steuerungs- und 32 von Maschinenherstellerseite. Die Diskussion um die „richtigen“ Fragen in der Vorbereitung der Erhebung zeigte, daß es verschiedene Sichtweisen für die Ermittlung von Anforderungen gibt. Aus der Sicht der Entwickler bei den Herstellern sollte sich die Erhebung auf die Erfassung der Nutzung ge-

genwärtig zur Verfügung gestellter Funktionen für Maschinen in der Produktion beschränken – aus der Sicht der Nutzer bei den Anwendern kam es eher darauf an, die Probleme bei der Handhabung von gegenwärtig verfügbaren Funktionen in der Produktion und den Bedarf an technischer Unterstützung bei der Bewältigung dieser Probleme zu beschreiben. Das Denken von Entwicklern auf Herstellerseite ist vorwiegend von den Maschinenfunktionen her geprägt, Nutzer auf Anwenderseite denken eher vom Umgang mit den Maschinen her. Die Breitenerhebung versuchte, beiden Sichtweisen gerecht zu werden, indem sie in mehreren Diskussionsrunden zur Vorbereitung der Fragen aus der jeweiligen Perspektive formulierte: in den Teilen B und C von den Funktionen her gesehen, in den Teilen D und E von der Handhabung her.

Um jedoch die Sichtweise der Nutzer und die von ihnen als wesentlich eingestuftes Anforderungen an eine Benutzungsoberfläche tiefer (als durch vorgegebene Fragen) zu ergründen, wurde der Breitenerhebung eine Tiefenuntersuchung in der Serien- und Kleinserienfertigung bei BMW und Mercedes-Benz angeschlossen. Hierbei wurden durch teilnehmende Beobachtungen und Beobachtungsinterviews Analysen des Arbeitshandelns gemacht und daraus abgeleitete Schlußfolgerungen in Gruppen- und Einzelinterviews erörtert. Abschließend wurden die Ergebnisse zur Validierung mit den Beteiligten auf ihre Tragfähigkeit hin diskutiert.

1.2 Fragebereiche der Breitenerhebung

Der Fragebogen der Breitenerhebung umfaßte sechs Fragebereiche mit insgesamt 62 Fragen. Fragebereiche waren:

Angaben zur Person (Fragen 1 bis 7)

Hier wurde nach Arbeitsbereich, Alter und Berufserfahrung sowie bei den Anwendern nach der Berufspraxis mit Maschinen und dem Typus der eingesetzten Maschinen im gegenwärtigen Arbeitsbereich, bei den Herstellern nach dem betreuten Produkt gefragt.

Funktionen für ein einheitliches Bedienfeld (Fragen 8 bis 20)

Hier wurde nach der Wichtigkeit verschiedener Funktionen für ein einheitliches Bedienfeld gefragt, und zwar von Funktionen

- zum Einrichten und Bearbeiten,
- für Werkstück- und Werkzeugkorrekturen,
- zur NC-Programmeingabe und -veränderung,
- zur Simulation der Bearbeitung,
- zum Programmeinfahren und -testen,
- zur Dokumentation,
- zur Werkstückvermessung und -korrektur,
- zur Werkzeughandhabung,
- zur Werkzeugverwaltung,
- zur Werkzeugüberwachung,
- zur Werkstückverwaltung,
- zur Maschinen- und Betriebsdatenerfassung und
- zur Auftragsverwaltung.

Benutzungsoberfläche für ein einheitliches Bedienfeld (Fragen 21 bis 35)

Hier wurde gefragt nach

- Änderungsmöglichkeiten der Benutzungsoberfläche,
- Zugangsberechtigungen,
- Möglichkeiten zur Darstellung von Daten,
- Möglichkeiten für die Eingabe von Daten,
- Möglichkeiten zum Aufruf von Funktionen,
- Möglichkeiten zur Darstellung von Anlagenzuständen,
- Möglichkeiten zur Prozeßwahrnehmung,
- Darstellungsformen für Informationen über Prozeßzustände,
- Verfahren von Achsen,
- Anzeigen beim Einfahren,
- Anzeigen zur Produktionsübersicht,
- Darstellung des Werkstücktransports,
- Darstellungen von Störmeldungen,
- Anzeigen zur Fehlerauswertung,
- Möglichkeiten für Online-Hilfen.

Technische Unterstützung bei der Arbeit mit Anlagen (Fragen 36 bis 46)

Hier wurde gefragt nach allgemeinen Erschwernissen – kritischen Situationen – wie auch nach Ansatzpunkten zu deren Erleichterung

- beim Bedienen von Maschinen,
- beim Lesen und Verstehen von Programmen,
- beim Einrichten und Rüsten,
- bei der Programmerstellung,
- bei Programmkorrekturen beim Einfahren,
- beim Überwachen von Programmläufen,
- beim Prüfen und Messen,
- bei Diagnose und Störungsbehebung,
- bei der Dokumentation,
- nach der Anzahl kritischer Situationen in der Woche.

Technische Unterstützung für die Zusammenarbeit (Fragen 47 bis 51)

Hier wurde ebenfalls nach Erschwernissen – kritischen Situationen – und Ansatzpunkten zu deren Erleichterung gefragt

- bei unterschiedlichen Bedienoberflächen,
- beim Informationsaustausch innerhalb der Fertigung,
- beim Informationsaustausch mit anderen Abteilungen und
- nach der Anzahl kritischer Situationen in der Woche.

Einschätzung von Trends über die Fabrikorganisation der Zukunft (Fragen 52 bis 62)

Hier wurde u.a. gefragt nach der

- Bedeutung der PC-Welt für die Steuerung von Maschinen,
- Dezentralisierung von Aufgaben,
- Zusammenarbeit zwischen Abteilungen,
- Verantwortung für die Fertigung und
- Entwicklung zur Gruppenarbeit.

An der Breitenerhebung nahmen Verfahrensentwickler und Produktionsarbeiter bei den Anwendern sowie Entwickler und Vertriebskräfte bei den Herstellern teil.

1.3 Untersuchungsbereiche der Tiefenuntersuchung

Die Tiefenuntersuchung fand in acht Produktionsbereichen in zwei Betrieben von BMW und in fünf Betrieben von Mercedes-Benz statt. Bei BMW wurden Betriebe in München und Berlin aufgesucht. In München war eine Transferstraße, mit der Motorblöcke hergestellt werden, Gegenstand der Untersuchung; in Berlin wurde die Arbeit in der Zellenfertigung analysiert, mit der Nockenwellen hergestellt werden. Bei Mercedes-Benz wurde neben der Serien- auch die Kleinserienfertigung untersucht. In der Serienfertigung ging es um die Arbeit mit verschiedenen Transferstraßen, in der Kleinserienfertigung um die Arbeit mit Einzelmaschinen in mehreren Betrieben Stuttgarts. In der Serienfertigung wurden die Herstellung von V-Motoren an einer Transferstraße im Werk Cannstatt sowie die Herstellung von A-Motoren, Zylinderköpfen, Motorblöcken und Kurbelwellen an verschiedenen Transferstraßen im Werk Untertürkheim untersucht. In der Kleinserienfertigung handelte es sich um die Herstellung von Kurbelwellen, Getriebekleinteilen und um den Gießwerkzeugbau in den Werken Untertürkheim, Hedelfingen und Mettingen. Im Mittelpunkt stand die Technologie des Fräsens und Schleifens mittels NC- und SPS-Steuerungen. An den Tiefenuntersuchungen nahmen 72 Personen teil: u.a. Maschinenführer, Systemführer/Einrichter, Meister, Instandhalter, Logistikspezialisten, Qualitätssicherer, Programmierer, Betriebsingenieure, Fertigungsplaner und Bereichsleiter.

1.4 Repräsentativität und Relevanz der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind nach statistischem Grundverständnis nur eingeschränkt repräsentativ. Ihnen liegt keine branchenweit repräsentative Auswahl von Anwendern, die Werkzeugmaschinen einsetzen, und Herstellern, die Werkzeugmaschinen anbieten, zugrunde. Die Ergebnisse sind jedoch für den HÜMNOS-Verbund, d.h. für die Praxisgemeinschaft der beteiligten Industriepartner, repräsentativ. Dadurch erhalten sie eine besonders hohe Relevanz für die anlaufenden Innovationsprozesse bei offenen Steuerungen, denn sie geben eine repräsentative Sicht der Einstellungen derjenigen Anwender und Hersteller in Deutschland wieder, die

in Zukunft auf offene Steuerungsarchitekturen setzen und damit Produktionsentwicklung auf Anwenderseite wie Produktentwicklung auf Herstellerseite bestimmen. An der damit vorgegebenen Richtung werden sich andere Wettbewerber zu orientieren haben.

Thematik und Methodik von Breitenerhebung und Tiefenuntersuchung übertreffen an Weite alle bisherigen empirischen Untersuchungen über Arbeit in der Fertigung. Frühere Untersuchungen weisen außerdem häufig den Nachteil auf, daß die Befragungen von Konzepten aus wissenschaftlichem (nicht immer ohne weiteres erkennbarem) Vorverständnis geprägt sind, d.h., die Empirie dient einer Abstützung von Überlegungen, führt nur selten zu Widerlegungen und läßt keine erweiterten Fragestellungen zu. Da bei HÜMNOS sowohl die Breitenerhebung als auch die Tiefenuntersuchung in Zusammenhang mit Fragen der Berufspraxis (von Anwendern und Herstellern) vorbereitet, durchgeführt und validiert wurden, geht hier das Vorverständnis der Praxis voll ein. Die Ausgangsüberlegungen fußen somit bereits auf Erfahrungen aus der Praxis. Während sich andere Untersuchungen entweder auf Einzel- oder auf Serienfertigung beschränken, gelang in der HÜMNOS-Befragung zudem ihre gemeinsame Berücksichtigung.

2. Ergebnisse der Breitenerhebung

Die Breitenerhebung wurde in mehreren Auswertungsstatistiken aufgearbeitet: in einer Auswertung der Antworten aller Beteiligten (also Anwender und Hersteller gemeinsam), in einer Auswertung der Antworten nur der Anwender und in einer Auswertung der Antworten nur der Hersteller. In diesen Auswertungsstatistiken wurde mit einem Stern angemerkt, wenn statistisch signifikante Unterschiede im Antwortverhalten auftraten (also Unterschiede zwischen Anwendern und Herstellern oder Maschinen- und Steuerungstechnikherstellern). Im folgenden werden einige wichtige Befunde zum eingehenderen Verständnis dargestellt.

Vorweg sei erwähnt, daß sich verschiedene Annahmen nicht bestätigen ließen. So konnte – anders als angenommen – kein Zusammenhang zwischen Alter oder Berufserfahrung im Hinblick auf die Antworten festgestellt werden. Auch die Zugehörigkeit zu einer Berufsgruppe bei den Herstellern oder Anwendern führte nicht zu einem unterschiedlichen Antwortverhalten zwischen den Berufsgruppen.

Bei den ermittelten Häufigkeiten der Antworten gilt es, einige Aspekte zu berücksichtigen, um Mißverständnisse zu vermeiden. Bei den Antworten wurde auch die Möglichkeit zugelassen, „weiß nicht“ anzukreuzen. Der Durchschnitt lag hier bei 10 %. Die restlichen 90 % konnten auf drei Antwortmöglichkeiten verteilt werden: „nicht wichtig“, „mittel wichtig“ und „sehr wichtig“. Aus empirischen Untersuchungen in den Sozialwissenschaften ist bekannt, daß bei drei Antwortmöglichkeiten (und zugegebenermaßen schwierigen Einschätzungen) ein Trend zur Mitte besteht. 50 % und mehr angekreuzte „Sehr wichtig“-Antworten bedeuten deshalb bereits hervorgehobene Zustimmung: um 50 % erheblich, um 60 % hoch, über 70 % sehr hohe Zustimmung.

2.1 Trends in den Einschätzungen über die zukünftige Fabrikorganisation

Die zukünftige Fabrikorganisation wird nach Auffassung aller Industriepartner mehr durch dezentral organisierte, kooperative Produktionsstrukturen geprägt sein. Aus diesem Wandel der Arbeitsorganisation entstehen neue technische Anforderungen. Es wird davon ausgegangen, daß die PC-Welt in der Fertigung mehr und mehr zum Tragen kommt. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Einschätzungen zukünftiger Trends in der Fabrikorganisation.

In der Tabelle bezieht sich das erste Zahlenfeld auf alle „Sehr wichtig“-Antworten, das zweite auf alle „Mittel wichtig“- und das dritte auf alle „Wenig wichtig“-Antworten und gibt die Prozentzahl der Antworten aller Industriepartner an (also der Anwender und Hersteller insgesamt).

2.2 Wichtige Funktionen für eine einheitliche Bedienstruktur

Die Ergebnisse der Breitenerhebung lassen sich je abgefragten Funktionsblock und je von der Vorbereitungsgruppe vorgegebenen Handlungskomplex darstellen. Sie erhalten vor allem dadurch eine höhere Aussagekraft für die Ermittlung von Anforderungen an eine Benutzungsoberfläche aus Nutzersicht, wenn sie mit den Ergebnissen der Tiefenuntersuchung (die dem weitergehenden Bedarf der Nutzer nachging) kombiniert ausgewertet werden. Hierbei bietet sich die Zuordnung der Funktionen zu den Handlungsbausteinen an, wie sie in der Tiefenuntersuchung als grundlegender Befund ermittelt worden sind.

☉ Die **Beherrschung komplexer Anlagen** erfordert in Zukunft den verstärkten Einsatz der Arbeitskräfte in der Fertigung

- 60 Der Fertigung wird mehr Verantwortung übertragen 77 : 13 : 4
- 56 Bisher zentral erledigte Aufgaben werden mehr vor Ort wahrgenommen 52 : 23 : 19

☉ Die vermehrten Aufgaben der Fertigung setzen

- 61 Gruppenarbeit und 76 : 11 : 7
- 62 abteilungsübergreifende Kooperation voraus 70 : 19 : 4

☉ Aus diesem **Wandel der Arbeitsorganisation** ergeben sich neue Anforderungen für die angemessene technische Unterstützung

- 59 Höherer Informationsaustausch zwischen den Abteilungen 64 : 19 : 11
- 49 (2) (4) (5)
- 47 B1 Vereinheitlichung (Symbole, Anzeigen) 81 : 12 : 3
- 36 B3 Strukturierung des Menüs nach Tätigkeiten 35 : 36 : 20

- ☉ Die Bedienung der Maschinen erfolgt zunehmend über PC 80 : 8 : 6

Tab. 1: Einschätzungen über Trends

Aus der Breitenerhebung läßt sich dann ablesen, welche Funktionen in welchem Handlungsbaustein als besonders wichtig eingeschätzt werden, welche kritischen Situationen in den Handlungsbausteinen vermehrt auftreten und welcher Bedarf nach technischer Unterstützung zur Bewältigung vor allem der kritischen Situationen besteht. Hier ging die Breitenerhebung von der Annahme aus, daß durch diese Bedarfsfeststellung die wichtigsten Innovationsfelder aufgedeckt werden könnten.

In den folgenden Tabellen beziehen sich die Ziffern am Anfang der Zeilen auf die Nummer im Fragebogen, die Zahlenfelder am Ende der Zei-

| Diagnostizieren | | |
|---------------------------|---|---------|
| Erschwernis hoch | | |
| 43.2 | Hinweise auf Erstfehler fehlen | 48 + 29 |
| 43.3 | Hinweise für Störungsbehebung fehlen | 48 + 30 |
| 43.1 | Störungsmeldungen falsch oder ungenau | 42 + 27 |
| Bedarf hoch an | | |
| 43.B2 | Anleitung zur Behebung seltener Störungen | 56 + 28 |
| 43.B4 | Eingabe neu auftretender Fehlerursachen | 52 + 30 |
| 43.B5 | Eingabe von Erfahrungswerten | 50 + 31 |
| Funktionen wichtig | | |
| 19.2 | Störgrundeingabe | 52 + 28 |
| 19.3 | Eingabe von Stillsetzungsgründen | 43 + 31 |
| Dokumentieren | | |
| Erschwernis hoch | | |
| 44.1 | Rückdokumentation von NC-Optimierung fehlt | 33 + 23 |
| Bedarf hoch | | |
| 48.B3 | Änderungsfreundliche Dokumentationssysteme | 59 + 22 |
| 44.B1 | Dokumentation auf EDV-Basis | 56 + 20 |
| 44.B5 | Rückführung optimierter Programme | 61 + 18 |
| Funktionen wichtig | | |
| 13.1 | Speichern eigener Zyklen und Makros | 63 + 22 |
| 19.4 | Datenaufbereitung für Schwachstellenanalyse | 47 + 30 |
| 19.5 | Datenaufbereitung für Wartung | 51 + 32 |

Tab. 2: Als wesentlich bewertete Funktionen

len auf die „Sehr wichtig“- und „Mittel wichtig“-Antworten bei Anwendern und Herstellern insgesamt.

In der Breitenenerhebung wurde auch nach den allgemeinen Anforderungen für ein einheitliches Bedienfeld gefragt. Eine Übersicht hervorgehobener Ergebnisse zeigt Tabelle 3.

| | | |
|---|--|--------------|
| Hohe Bildschirmqualität | | |
| • 36.B6 | gute Kontraste | 49 : 30 : 16 |
| • 36.B4 | Informationen nach Dringlichkeit | 50 : 25 : 21 |
| Aufruf von Funktionen | | |
| 25.1 | über Funktionstasten | 82 : 13 : 1 |
| 25.2 | über Softkeys | 65 : 13 : 10 |
| 25.7 | über Schalter | 47 : 33 : 15 |
| (nicht wichtig! 25.6 Zeigeinstrumente 19 : 23 : 52) | | |
| Handhabung von Informationen | | |
| • 21.4 | Erläuterungen zu Begriffen | 69 : 22 : 5 |
| • 24.2 | Auswahl aus Listen mit Cursor | 61 : 25 : 12 |
| • 47.B2 | Auswahl von Informationen und Funktionen | 52 : 34 : 8 |
| Verfahren von Achsen | | |
| 29.1 | nur Richtungstasten | 78 : 15 : 4 |
| 29.2 | mit elektronischem Handrad | 40 : 27 : 25 |

Tab. 3: Anforderungen an ein einheitliches Bedienfeld

Die Ziffern am Anfang der Zeile verweisen auf die Fragennummer im Fragebogen. Die Zahlenfelder am Ende der Zeilen geben die Prozentanteile der „Sehr wichtig“- , „Mittel wichtig“- und „Nicht wichtig“-Antworten bei Anwendern und Herstellern insgesamt wieder, während die „Weiß nicht“-Antworten weggelassen wurden. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Einschätzung kritischer Situationen.

In der laufenden Produktion werden 10 % der Arbeitssituationen als kritisch eingeschätzt. Die technische Unterstützung zu ihrer Bewältigung reicht nicht aus.

| Einschätzung kritischer Situationen | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|
| | keine | 5 % | 10 % | 15 % | 20 % |
| Anwender | 3,7 | 42,9 | 28,6 | 14,3 | 10,6 |
| Steuerungshersteller | 45,0 | 20,9 | 15,0 | 12,5 | 7,5 |
| Maschinenhersteller | 8,7 | 30,4 | 21,7 | 8,7 | 30,4 |
| alle | 11,6 | 37,5 | 25,4 | 13,4 | 12,1 |

| Bedarf an technischer Unterstützung | | | |
|--|-------------|--------|------|
| | ausreichend | mittel | kein |
| Anwender | 31,6 | 59,5 | 8,9 |
| Steuerungshersteller | 47,4 | 36,8 | 15,8 |
| Maschinenhersteller | 9,1 | 86,4 | 4,5 |
| alle | 32,1 | 58,3 | 9,6 |

Tab. 4: Bedeutsamkeit kritischer Situationen und Bedarf an technischer Unterstützung

2.3 Unterschiede bei Einzel- und Serienfertigung

Die statistische Analyse der Einschätzungen von Arbeitskräften aus der Einzel- und der Serienfertigung basiert auf einer Einteilung der befragten Anwender in die Gruppen „Einzelfertigung“ (E: 67 Arbeitskräfte, die an Einzelmaschinen und/oder Bearbeitungszentren tätig sind), „Serienfertigung“ (S: 71 Arbeitskräfte, die an verketteten und/oder Sondermaschinen tätig sind) und „Einzel- und Serienfertigung“ (E+S: 38 Arbeitskräfte, die an beiden Fertigungstechniken tätig sind).

(1) Hohe Übereinstimmung zwischen Einzel- und Serienfertigern

Die Einschätzungen der befragten Arbeitskräfte aus der Einzel- und der Serienfertigung zeigen eine überraschend hohe Übereinstimmung. Insgesamt

samt unterscheiden sich die Einschätzungen der drei Gruppen E, S und E+S bei 65 (21,2 %) von 306 möglichen Einzelfragen statistisch signifikant. Das entspricht einer hohen Übereinstimmung bei der Beantwortung von 78,2 % der Items. Die Verteilung der Antworthäufigkeiten ist in Tabelle 5 dargestellt.

| Fragebogenbereich | Anzahl signifikant unterschiedlicher Items | Anzahl der Items insgesamt | Signifikante Items (in %) |
|---|--|----------------------------|---------------------------|
| B (Funktionen) | 19 | 77 | 24,7 |
| C (Ein- und Ausgabe) | 25 | 88 | 28,4 |
| D (kritische Situationen Maschine/Anlage) | 15 | 105 | 14,3 |
| E (kritische Situationen Zusammenarbeit) | 4 | 25 | 16,0 |
| F (Zukunftstrends) | 2 | 11 | 18,2 |
| Gesamt | 65 | 306 | 21,2 |

Tab. 5: Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Einschätzungen bei der Einzel- und Serienfertigung

Die größten signifikanten Unterschiede liegen mit 24,7 % bzw. 28,4 % beantworteten Einzelfragen in den Fragebereichen B und C, die sich mit den gewünschten Funktionen sowie den gewünschten Ein- und Ausgabetechniken zukünftiger Bedienfelder und Steuerungen beschäftigen. Bei den kritischen Situationen mit Maschinen/Anlagen und denjenigen für Zusammenarbeit steigt die Übereinstimmung auf über 80 % an. Diese hohen Gemeinsamkeiten lassen sich als eine technologieübergreifende anwenderseitige Forderung nach einer Vereinheitlichung der Benutzungsstrukturen zukünftiger Steuerungen und Bedienfelder interpretieren.

(2) Schwerpunkte bei Einzel- und Serienfertigung

Eine detailliertere Analyse der signifikanten Unterschiede in der Beantwortung fördert unterschiedliche Aufgabenschwerpunkte in der Einzel- und der Serienfertigung zutage, deren Bewältigung verschiedene Funktionen sowie Ein- und Ausgabetechniken erfordert. Die Fragen, bei denen sich die größten Unterschiede zwischen Arbeitskräften aus der Einzel- und der Serienfertigung ergaben, sind in der folgenden Tabelle darge-

stellt. So liegt ein deutlicher Schwerpunkt der Einzelfertigung im Tätigkeitsbereich des Programmierens, d.h. der NC-Programmerstellung und -optimierung. Entsprechend haben hier die Funktionen der NC-Programmsimulation, der Makro- und Zyklenprogrammierung oder auch der Graphischen Programmierung (WOP) signifikant höhere Priorität als in der Serienfertigung. Ein weiterer Schwerpunkt der Einzelfertigung findet sich im Tätigkeitsbereich des Bearbeitens, d.h. der Prozeßoptimierung und -überwachung. Da in der Einzelfertigung der Bearbeitungsprozeß viel stärker optimierbar ist und optimiert wird als in der Serienfertigung – jedenfalls im verketteten Serienbetrieb –, wird den entsprechenden Funktionen der Overrideeinstellung sowie des Weg- und Wiederanfahrens an die Kontur nach Prozeßunterbrechungen eine besondere Bedeutung beigemessen.

In der Tabelle wird ebenfalls eine stärkere Übereinstimmung der Arbeitskräfte, die beide Fertigungsverfahren anwenden, mit den Serienfertigern deutlich. Ein Schwerpunkt der Serienfertiger liegt offensichtlich in den Anzeigen zur Prozeßüberwachung, wie z.B. Informationen zum Zustandsbild der Einheit/Station, der Anlage, auch der gestörten Stationen, oder in Informationen zur Produktionsübersicht, wie u.a. zum Ein- und Auslauf und zur Taktzeitentwicklung. Diese Informationen sind wichtig, um einen Überblick über den Materialfluß und den Anlagenzustand zu erhalten und um im Falle einer Störung über deren Ort schnell orientiert zu sein. In der Durchführung einer Diagnose liegt ein weiterer Schwerpunkt der Serienfertiger.

Hoch priorisiert werden hier Funktionen und Anzeigen, die der Diagnose dienen und mit denen die Identifikation, Behebung und Dokumentation von – in erster Linie – Maschinenstörungen erleichtert werden kann. Für die Bewältigung dieser Aufgaben werden Anzeigen gefordert, wie z.B. zentrale Störungsanzeigen für die gesamte Maschine/Anlage, sowie Ergänzungsmöglichkeiten der bestehenden Diagnosesysteme, z.B. um die Eingabe neu auftretender Fehler, des Störgrundes und von Erfahrungswerten. Weiterhin kommt offensichtlich Spänen als Störungsursache in der Serienfertigung eine höhere Bedeutung zu als in der Einzelfertigung. Dies hängt mit der geringeren Prozeßnähe bei der Betreuung von Transferstraßen und Sondermaschinen zusammen. Späne werden dann zum Problem, wenn einerseits ihr Auftreten nicht direkt überwacht wird, andererseits aber sofort eingegriffen werden müßte. In der Dokumentation und Aufbereitung von Daten für Analysen kann ein weiterer Tätigkeits-

| Item | Hohe Zustimmung in % | | | |
|--|----------------------|---------|---------|------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% |
| Allgemein | | | | 100% |
| Vorgehensweise selten genutzter Funktionen wird leicht vergessen (40.7) | | E E+S S | E S E+S | |
| Wichtige Informationen zu einer Gruppe zusammenfassen (23.1) | | E S E+S | | |
| Strukturierung des Menüs nach Tätigkeiten (36. Ansatzpunkt 2) | | E S E+S | | |
| Programmieren | | | | |
| Darstellung von Verfahrenweg, WZ und WS bei der Simulation (37. Ansatzpunkt 4) | | E+S S E | | |
| Macro- und Zyklenprogrammierung (10. 4) | | E+S S E | | |
| Graphische Programmierung (WOP) (10.6) | | S E+S E | | |
| Bearbeiten | | | | |
| Zustandsbild der Einheit/Station (26.1) | | E E+S S | | |
| Zustandsbild der Anlage (26.2) | | E E+S S | | |
| Anzeigen zur Produktionsübersicht (31 ff.) z.B. Einlauf leer (31.8) | | E E+S S | | |
| z.B. Werkzeugwechsel (31.8) | | E E+S S | | |
| z.B. Taktzeitentwicklung (31.14) | | E E+S S | | |
| Wichtige Meldungen hervorheben (23.3) | | E E+S S | | |
| Hinweis auf gestörte Stationen (33.1) | | E E+S S | | |
| WZ-Wechsel (31.8) | | E E+S S | | |
| Override-Einstellung Spindeldrehzahl (8.5) | | S E+S E | | |
| Wiederanfahren an die Kontur (12.8) | | S E+S E | | |
| Wegfahren von der Kontur (12.9) | | S E+S E | | |

| Item | Hohe Zustimmung in % | | | | |
|--|----------------------|-----|---------|---------|------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Diagnose | | | | | |
| Anzeigen der Störungen zentral für die gesamte Maschine/Anlage (33.6) | | | E E+S S | E E+S S | |
| Störgrundeingabe (19.2) | | | E+S E S | E+S E S | |
| Datenaufbereitung für eine Schwachstellenanalyse (19.4) | | | E E+S S | E E+S S | |
| Unterstützung der Dokumentation durch Übertragung der Verwaltung auf EDV (44. Ansatzpunkt 1) | | E S | E S | E+S | E+S |
| Eingabe neu auftretender Fehler in das Diagnosesystem (43. Ansatzpunkt 4) | | | E | S E+S | |
| Eingabe von Erfahrungswerten zur Störungsbehebung in das Diagnosesystem (43. Ansatzpunkt 5) | | | E | S E+S | |
| Spätere häufige Störungsursache (41.7) | | E | S E+S | E+S | |
| Wartung | | | | | |
| Datenaufbereitung für die Wartung (19.5) | | | E+S E | E S | |
| Kommunizieren | | | | | |
| Informationsaustausch mit Entwicklung/Konstruktion erleichtern (49. Ansatzpunkt 5) | | | E E+S S | E E+S S | |

Tab. 6: Detaillierte Unterschiede bei den Einschätzungen in der Einzel- und Serienfertigung

schwerpunkt der Serienfertigung herausgefiltert werden. Eine Schwachstellenanalyse sowie die Aufbereitung von Daten für die Wartung sind insbesondere bei hochautomatisierten und rechnergesteuerten Prozessen von entscheidender Bedeutung. Bei der Einzelfertigung haben hier die Fachkräfte eine größere feinsteuernde Aufgabe.

Auch für die Konfiguration der Oberfläche ist eine Analyse der Unterschiede von Einzel- und Serienfertigern aufschlußreich; in ihren Ergebnissen erwies sie sich als unerwartet. So ist das Vergessen der Vorgehensweise gerade bei selten genutzten Funktionen in der Serienfertigung ein größeres Problem als in der Einzelfertigung. In Zusammenhang mit der ebenfalls in der Serie als höher eingestuften Bedeutsamkeit der Strukturierung des Menüs nach Tätigkeiten konnte die in der Tiefenuntersuchung mittlerweile belegte Hypothese aufgestellt werden, daß in der Einzelfertigung infolge der längeren und intensiveren Auseinandersetzung mit einer Maschine und ihrer Steuerung diese den Fachkräften besser bekannt und in stärkerem Ausmaß vertraut ist als in der Serienfertigung. Hier muß mit vielen verschiedenen Steuerungen umgegangen werden, was einen erhöhten Aufwand bei der Transformation von steuerungsbezogenem Wissen und Know-how von dem Bedienfeld eines Herstellers auf das eines anderen bedingt. Besonders groß und hinderlich ist der Transformationsaufwand dann, wenn zwischenzeitlich auch noch von der Serienfertigung an eine Einzelmaschine z.B. für die Nacharbeit gewechselt wird. In diesen Fällen wurde mit Nachdruck die Forderung nach Vereinheitlichung der Steuerungen und Bedienfelder erhoben. In der Tiefenuntersuchung unterstützten auch die Einzelfertiger diese Anforderung, da in deren Bereich die Notwendigkeit wächst, mit mehreren Steuerungen umgehen zu können.

Die in der Breitenerhebung ermittelten Einschätzungen zeigen ein differenziertes Spektrum bezüglich der Anforderungen an zukünftige Steuerungen und Bedienfelder: Deutlich wurde einerseits die Forderung nach einer einheitlichen Benutzungsstruktur zukünftiger Steuerungen und Bedienfelder – gleichzeitig muß diese standardisierte Struktur jedoch genügend Raum für dringend notwendige technologiespezifische Funktionen und Anzeigen lassen. Mit der Lösung des Dilemmas alternativ verbundener, aber sich teils gegenseitig ausschließender Anforderungen nach Vereinheitlichung und Spezifität läßt sich aus dem Antwortverhalten bei der Breitenerhebung eine Herausforderung für die Maschinen- und Steuerungshersteller erkennen.

2.4 Unterschiedliche Auffassungen von Herstellern und Anwendern

Die statistische Analyse der unterschiedlichen Auffassungen von Herstellern und Anwendern bezieht sich auf die Auswertungsstatistik der Antworten von Anwendern und Herstellern, also aller Firmen, die an den Befragungen im Rahmen von HÜMNOS teilgenommen haben. In der Auswertungsstatistik sind die Antworten immer dann mit einem Sternchen markiert, wenn statistisch gesehen signifikante Unterschiede bestehen.

(1) Statistisch signifikante Unterschiede in den Einschätzungen von Anwendern und Herstellern

Die Einschätzungen der Entwickler bei den Herstellern und der Endnutzer bei den Anwendern weichen relativ häufig voneinander ab. So lassen sich bei 59 % der Items signifikante Unterschiede finden, die auf divergente Einschätzungen von Herstellern und Anwendern oder auch zwischen Maschinen- und Steuerungstechnikherstellern hinweisen.

| Fragebogenbereich | Anzahl signifikant unterschiedlicher Items | Anzahl der Items insgesamt | Signifikante Items (in %) |
|---|--|----------------------------|---------------------------|
| B (Funktionen) | 45 | 77 | 59,0 |
| C (Ein- und Ausgabe) | 48 | 89 | 54,0 |
| D (kritische Situationen Maschine/Anlage) | 57 | 104 | 55,0 |
| E (kritische Situationen Zusammenarbeit) | 20 | 25 | 80,0 |
| F (Zukunftstrends) | 8 | 11 | 73,0 |
| Gesamt | 178 | 306 | 59,0 |

Tab. 7: Einschätzungen von Anwendern, Maschinen- und Steuerungsherstellern

Die meisten signifikanten Unterschiede treten bei der Einschätzung der Erschwernis in kritischen Situationen für die Zusammenarbeit und die daraus folgenden Bedürfnisse für zukünftige bessere Unterstützung sowie bei der Einschätzung von Trends zukünftiger Fabrikorganisation auf. Darüber hinaus gibt es aber auch eine Vielzahl von Unterschieden bei der Bewertung zukünftig wichtiger Funktionen, bei Ein- und Ausgabetechniken sowie bei kritischen Situationen bei der Arbeit mit Maschinen bzw. Anlagen.

(2) Spezifische Schwerpunkte der Einschätzungen

Bei der Auswertung der Einschätzungen von Anwendern, von Steuerungs- und von Maschinenherstellern wurden zunächst die Fragen, die von den drei Gruppen signifikant unterschiedlich eingeschätzt wurden, unter dem jeweiligen Aspekt der Unterschiede sortiert. In diese Sammlung sind signifikant unterschiedlich beantwortete Fragen dann nicht aufgenommen worden, wenn sie offensichtlich aufgrund von hohen „Weiß nicht“-Antworten zustande gekommen sind oder wenn das Antwortverhalten sehr gleichartig ausfiel und die Signifikanz nur auf Unterschieden in inhaltlich irrelevanten Zellen der Auswertungsmatrix basierte. Auf diese Weise wurden 27 Items ausgeschlossen, so daß von insgesamt 178 signifikanten Items nur 151 Items in die Auswertung eingegangen sind.

Der Auswertung wurden gerichtete Unterschiede in der Antwortkategorie „sehr bedeutsam“ zugrundegelegt. Es entstanden sechs Auswertungsbereiche: In den Auswertungsbereichen Anwender (A), Steuerungshersteller (S) und Maschinenhersteller (M) sind die Fragen aufgeführt, die von den Anwendern, den Steuerungs- oder den Maschinenherstellern als wesentlich wichtiger eingeschätzt wurden als von den jeweils anderen beiden Gruppen. In den Auswertungsbereichen A+S, A+M und S+M schätzten jeweils zwei der Befragungsgruppen die Bedeutsamkeit der Fragen als wesentlich höher ein als die dritte Gruppe. So schätzten z.B. in dem Auswertungsbereich A+S die Anwender und die Steuerungshersteller die Wichtigkeit der Fragen deutlich höher ein als die Maschinenhersteller.

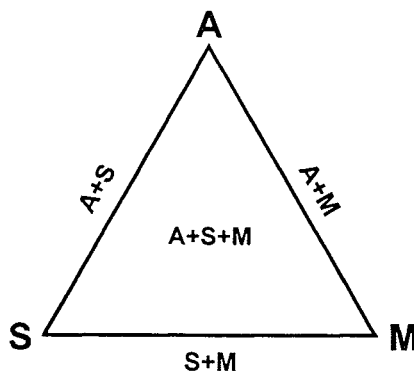


Abb. 1: Zusammenhang der Auswertungsbereiche

In die Auswertung wurden weiterhin hohe Gemeinsamkeiten in den Einschätzungen von Anwendern, Maschinen- und Steuerungsherstellern einbezogen. In den Auswertungsbereich 7 (A+S+M) wurden Items dann aufgenommen, wenn sie von den Gruppen gemeinsam in der höchsten Antwortkategorie mit über 70 % Zustimmung beantwortet wurden. Die Auswertungsbereiche sind in ihrem inneren Zusammenhang in Abbildung 1 dargestellt.

Die den Auswertungsbereichen zugeordneten Einzelfragen mit signifikanten Unterschieden in den Einschätzungen bzw. mit sehr hoher Übereinstimmung aller Befragten wurden im nächsten Auswertungsschritt auf Gemeinsamkeiten und auf Unterschiede hin analysiert und dann den gefundenen thematischen Oberkategorien zugeordnet.

Dieses Vorgehen ermöglicht eine Analyse der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede in den Einschätzungen von Anwendern, Steuerungs- und Maschinenherstellern, wie sie sich bei der Breitenerhebung gefunden haben. In Tabelle 8 sind die thematischen Kategorien pro Auswertungsbereich aufgeführt. Zugeordnet sind jeweils die Itemnummern, die den Kategorien zugrunde liegen.

Wie in der Tabelle ausgewiesen, sind sich Anwender, Steuerungs- und Maschinenhersteller in der Einschätzung einig, daß die Vereinheitlichung der Bedienung von Steuerungen und Bedienfeldern, die Unterstützung der Transparenz des Bearbeitungsablaufs, die Unterstützung der Störungserfassung und -behebung, die Dokumentation von Änderungen sowie der Einzug der PC-Welt bei der Steuerung von Maschinen und generell die Unterstützung von Kooperation in Zukunft von hoher Bedeutung sind (A+S+M).

Es besteht somit ein großer gemeinsamer Nenner zwischen Anwendern, Steuerungs- und Maschinenherstellern; andererseits wird die zukünftige Fabrikorganisation auch aus unterschiedlichen aufgabenspezifischen Blickwinkeln betrachtet. Aufgrund dieser verschiedenen Blickwinkel formulieren die einzelnen Gruppen über den gemeinsamen Nenner hinaus durchaus unterschiedliche Anforderungsschwerpunkte an zukünftige Steuerungen und Bedienfelder.

Die Anwender (A) sehen als besonders wichtig die Verbesserung der Prozeßtransparenz, die Gestaltung handlungsorientierter Steuerungsfunktio-

| Gruppe | Thematische Oberkategorie | Itemnachweis |
|--------|---|--|
| A | Verbesserung der Prozeßtransparenz | C30.2; C30.14-16; C34.2; D37.3; C21.2; C30.16; D43B2; D36.4 |
| | Handlungsorientierte Steuerungsfunktionen Dokumentation von Eingriffen/Änderungen Mehr Verantwortung an die Fertigungsbereiche Mehr Aufgaben an die Facharbeiter vor Ort | C30.14; B19.1 F60 F56 |
| S | Unterstützung der Programmtransparenz | B10.5; 11.4; 18.1; 30.13; 36.5; 40.4 |
| | Bedienung der Steuerung mit Zeigeelement Unterstützung des Informationsflusses entlang Prozeßketten | C24.3; 25.6; 29.3 D42.6; D44.3; D44.4; D48.3 |
| M | Unterstützung der Auftragstransparenz | C30.5; C31.5; C31.9; C31.11; C32.3; D41.1; F55 |
| | Unterstützung kurzfristiger Bearbeitungsänderungen an der Maschine/Anlage Zugriffe der Werkstatt auf Informationen anderer Abteilungen | B9.6; B10.3; B12.6; D42.4 E49.B1; E49.B2; E49.B4; E49.B5 |
| A+S | Erweiterung manueller Steuerungsfunktionen | B9.1; B10.7; B12.8+9; B14.3; B20.2+4; D29.2; D41B3 |
| | Verbesserung des Transfers von Fertigungserfahrung in die Prozeßkette | D43.6; D44.1; D44.2; D49.2; D49.3 |
| A+M | Unterstützung von Auftrags- und Prozeßtransparenz | C30.6; B11.7; B12.5; C31.4, 6.7,8,10; C34.2; D38.7 D38B1; D41.6+7; D43.4 |
| | Unterstützung von Werkzeugmanagement | B14.4; B15.2,3,5; B16.2; B17.1+2 D39.5; F58; C21.4; C23.5; E48.B1 |
| | Tätigkeitsorientierte Maschinenbedienung Aufbau von Erfahrungsdatenbanken | D44B3; C30.15; B9.7; F53 |
| S+M | Innovative Neuerungen bei Ein- und Ausgabetechniken | B10.6; B11.1; C24.2; C25.2+3; C28.2+4; C30.5; +10; C31.12+13; C32.2; D37.1; D38.3+6; D38B2; D40B2; D41.4+5; D41.2; B12.7; D42.2; C21.6; E47.1+2; D39.3; D37.2; D36.7+2 |
| | Vereinheitlichung der Oberfläche | D42.3+5; D42B1+B4 |
| | Kompatibilität Zerspanung und Messen | C22.2; E48.2; E49.1+4; F59+62; E49B3; D49.3; B19.7 |
| | Abteilungsübergreifende Kooperation | |
| A+S+M | Unterstützung der Bearbeitungstransparenz | C24.1; C27.2; C30.3,8,12; C33.1; D36B5; D37B4; D43.2,3.B2; 30.8 |
| | Vereinheitlichung der Bedienung | E47.3; E47B1+2 |
| | Unterstützung der Störungsbewältigung | D41B2+3; D43B4; |
| | Verbesserung der Dokumentation | E48B2+3; D43B5; D44B1 |
| | PC-Welt bei der Steuerung von Maschinen Unterstützung der Kooperation | F54 F61; D44B5 |

Tab. 8: Ähnlichkeiten und Unterschiede bei den Einschätzungen

nen sowie die Dokumentation und Kommentierung von Eingriffen und Änderungen – dies vor dem Hintergrund der Einschätzung, daß zukünftig mehr Verantwortung an die Fertigungsbereiche und mehr Aufgaben an die Facharbeiter übertragen werden können. In dieser Akzentuierung der Priorität unterscheiden sich die Anwender in ihren Einschätzungen von jenen der Maschinen- und Steuerungshersteller, die die entsprechenden Fragen signifikant niedriger gewichten. Der unmittelbare Bezug zum Bearbeitungsprozeß, d.h. die Aufgabenstellung von Einstellung, Kontrolle und Wartung der Maschinen und Anlagen sowie der Störungsbehebung unter Produktionsbedingungen, ergibt den spezifischen Blickwinkel der Anwender, der ihre Beurteilung zukünftig bedeutsamer Steuerungstechnik prägt.

Die Steuerungshersteller (S) wiederum legen hohen Wert auf die Verbesserung der Programmtransparenz, die Bedienbarkeit der Steuerung mit Zeigeinstrumenten – wie z.B. der Maus – sowie die Unterstützung des Informationsflusses entlang der NC-Verfahrenskette. Die Priorisierung dieser Fragestellungen läßt sich möglicherweise mit dem essentiellen Aufgabenschwerpunkt der Steuerungshersteller bei technischen Entwicklungen erklären. Der Fokus der Steuerungshersteller besteht im Zur-Verfügung-Stellen möglichst standardisierter und durchgängiger Steuerungs- und Informationsplattformen.

Die Maschinenhersteller (M) stellen die Bedeutsamkeit der Unterstützung von Möglichkeiten kurzfristiger Bearbeitungsänderungen direkt vor Ort sowie von Zugriffsmöglichkeiten der Werkstatt auf Informationen vorgelagerter Betriebsbereiche heraus. Sie verstehen Kooperation mit vor- und nachgelagerten Betriebsbereichen aus der Perspektive der Fertigung. Diese Sichtweise hängt sicherlich mit dem Aufgabenschwerpunkt der Maschinenhersteller bei technischen Entwicklungen zusammen, der in der anwenderspezifischen Anpassung dieser Entwicklungen sowie in der Inbetriebnahme der entsprechenden Maschinen und Anlagen besteht.

Neben diesen unterschiedlichen Akzentuierungen finden sich aber auch viele Ähnlichkeiten in den Einschätzungen bei den Befragten. Anwender und Steuerungshersteller (A+S) halten gemeinsam die Erweiterung manueller Steuerungsfunktionen sowie die Verbesserung des Transfers von Fertigungserfahrung in die Prozeßkette für wichtig.

Ähnlichkeiten in der Einschätzung bei Anwendern und Maschinenherstellern (A+M) finden sich in der Betonung der Bedeutsamkeit der Un-

terstützung von Werkzeugmanagement und der Unterstützung von Auftrags- und Prozeßtransparenz, in der Heraushebung der Gestaltung tätigkeitsorientierter Maschinenbedienung sowie im Aufbau von dezentralen Datenbanken.

Übereinstimmungen zwischen Steuerungs- und Maschinenherstellern (S+M) finden sich insbesondere bei einer Vielzahl innovativer Neuerungen, so bei Ein- und Ausgabetechniken, in der Vereinheitlichung der Oberfläche, in der Notwendigkeit der Kompatibilität von Zerspanung und Messen sowie in der Unterstützung abteilungsübergreifender Kooperation.

3. Ergebnisse der Tiefenuntersuchung

3.1 Wandel zu kooperativen Produktionssystemen und handlungsorientierten Bedienstrukturen

Die Arbeit mit Anlagen und Maschinen der Serien- und Kleinserienfertigung läßt sich in acht Handlungsbausteine gliedern. Dazu gehören die Handlungsbausteine

- *Planen:* mit den Haupttätigkeiten, Auftragsverwaltung, Materialbereitstellung und Einsteuerung von Paletten;
- *Vorbereiten:* mit den Haupttätigkeiten Rüsten, Bereitstellung von Werkzeugkorrekturwerten, Aufspannen und Nullpunktermittlung;
- *Programmieren:* mit den Haupttätigkeiten Eingabe von Programmen, Parameteränderungen, Ändern von Bearbeitungsfolgen und kurzfristige Bearbeitungsänderungen;
- *Bearbeiten:* mit den Haupttätigkeiten Einfahren und Optimieren, Werkzeugwechsel, Wiederanfahen nach Produktionsunterbrechung und automatisches Messen;
- *Diagnose:* mit den Haupttätigkeiten Störungslokalisierung, Störgrundanalyse und Störungsbehebung;
- *Wartung:* mit den Haupttätigkeiten Prüfen und Warten der Maschine;

- *Dokumentieren:* mit den Haupttätigkeiten integrative Prüfung von Dokumentationen in den einzelnen Bausteinen, Auswertung von Daten für Aufgaben aus Qualitätssicherung und Produktionskontrolle sowie Übergabe von Dokumentierungen (Zahlen, Dateien, Dokumente) an andere Schichten und Abteilungen;
- *Kommunizieren:* mit der Haupttätigkeit des Informationsaustauschs mit anderen Abteilungen.

Alle Handlungsbausteine zusammen bilden einen großen Erfahrungszyklus, der planende, ausführende und kontrollierende Tätigkeiten für die Arbeit in einer Schicht oder für die Herstellung eines Teils umfaßt. Dieser Erfahrungszyklus ist in Abbildung 2 veranschaulicht.

In jedem Handlungsbaustein findet sich zudem ein weiterer kleiner Erfahrungszyklus, der die Vorbereitungen, die Einflußnahme auf Prozesse und die Bewertung von Fortschritten für die im Vordergrund stehende Handlung einschließt.

Die Schwerpunkte in der gegenwärtig eingerichteten Serienfertigung liegen beim Bearbeiten/Produzieren sowie bei der Diagnose und der Störungsbehebung. In Zukunft ist mit der stärkeren Ausprägung weiterer Bausteine – wie Disponieren, Programmieren und Dokumentieren – zu rechnen, da die Anwender flexiblere Produktionsstrukturen (z.B. mittels Zellenfertigung) planen, um die bekannt gewordenen Mängel starr verketteter Systeme zu vermeiden. Technische Entwicklungen zur Handhabung von Anlagen und Maschinen müssen deshalb diesem Wandel Rechnung tragen. Indem der Fertigung anteilig mehr Aufgaben übertragen werden, verändert sich auch das Aufgabenspektrum der Produktionsarbeiter. Es wird voraussichtlich für alle breiter mit einer oder mit mehreren Spitzen für spezielle Aufgaben. Es entsteht ein eher (für eine Gruppe) gemeinsames Arbeitsfeld – die alten Differenzierungen sind dann überholt.

Die Nutzungsoberflächen der Anlagen und Maschinen sollten deshalb die Handlungsbausteine für die Implementierung von Bedienstrukturen heranziehen, d.h. den Aufruf von Funktionen entsprechend Handlungsbausteinen bündeln.

Die Tiefenuntersuchungen lassen zudem einen Rahmen für die Konstruktion von Bedientafeln erkennen. Hier besteht Bedarf an einer Gliederung in getrennte Felder (die mit variabel belegten Tasten aktiviert wer-

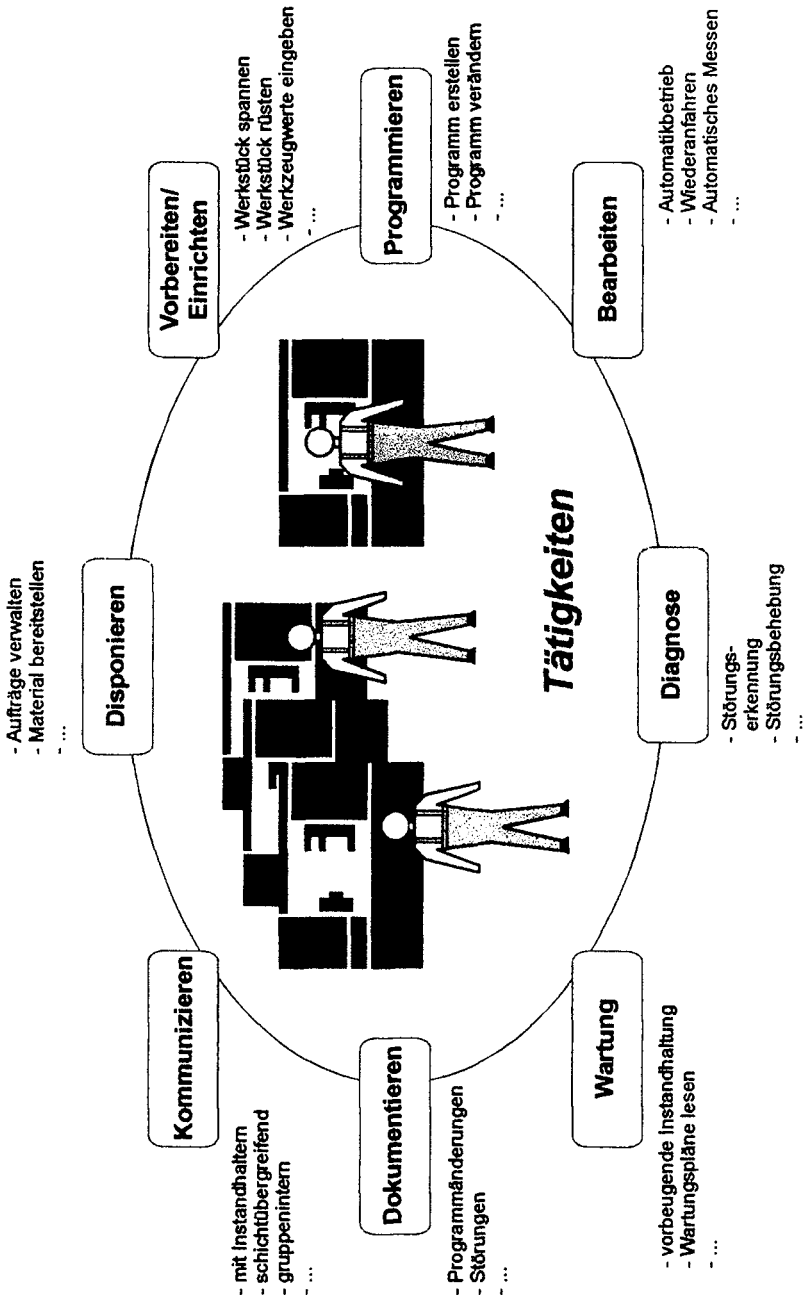


Abb. 2: Großer Erfahrungszyklus

den) für anzeigende Informationen, für Datenveränderungen und für Navigation sowie an einem fest umrissenen Bereich (mit fest belegten Tasten und Schaltern) für bewegungsauslösende Vorgänge.

| | |
|---|--|
| (1) Aufruf von Funktionen | |
| Softkeys | mit Menüs Hauptfunktionen je Handlungsbaustein Aktivierung der Softkeys: mit Tasten am Bildschirmrand (wie z. B. bei Indramat) |
| (2) Handhabung von Informationen | |
| Funktionstasten | zum Blättern in Menüs möglichst nur wenige Ebenen |
| Cursor | zum Bezeichnen von Datenfeldern |
| Noch unklar: Navigationselemente Lichtgriffel/Fingermaus | zum Anklicken von Datenfeldern zum Verknüpfen von Datenfeldern |
| (3) Handhabung von Bearbeitungsvorgängen | |
| Richtungstasten/Handrad | zum Fahren von Achsen |
| Potentiometer (Drehschalter) | für Veränderung von Vorschub und Drehgeschwindigkeit |
| Taste für Teach in | |
| (4) Hilfesysteme on-line | |
| nur sinnvoll, wenn situationsbezogen | |
| Symbol/Datenfeld | aktiviert durch Anklicken für Texte bei Codierungen (z.B. Störungen, Maschinendaten, M-Funktionen) für seltene Fehler (ggf. mit Anlagenübersicht) für Kommutierungssignalübersicht |

Tab. 9: Bedarf an Ein- und Ausgabetechniken

3.2 Technische Unzulänglichkeiten und organisatorisch induzierte Probleme bei der Störungssuche und -behebung

Störungsanalyse und Störungsbehebung bilden einen wesentlichen Arbeitsschwerpunkt in der Serienfertigung. Auch wenn dies seit Jahrzeh-

ten bekannt ist, ist die technische Unterstützung hierfür bislang noch unzureichend. Schon die Breiterehebung von HÜMNOS belegt, daß bei den gegenwärtig eingesetzten Diagnosesystemen erhebliche Mängel auftreten. So ist ein Großteil der Störungsmeldungen falsch oder ungenau. Die Tiefenuntersuchung bestätigt dieses Defizit, weist darüber hinaus aber noch auf weitere Störquellen hin und zeigt auf, welche Prinzipien für Störungsanalysen befolgt werden. Daraus lassen sich wiederum Anforderungen für eine bessere technische Unterstützung gewinnen.

(1) Perspektivdifferenzen zu Steuerungsproblemen und Störungen

Auffallend ist die unterschiedliche Einschätzung von Arbeitskräften an der Maschine und von Fertigungsplanern:

- Aus der Sicht der Planer sind *Probleme mit den Steuerungen* gravierend, aus der Sicht der Werker (Bediener und Instandhalter) sind sie zweitrangig.
- Die Planer beurteilen 50 % oder mehr der Störungen als primär *organisatorisch* bedingt, die Werker mit 70 bis 90 %.
- Offensichtlich gehen aber *beide Gruppen* davon aus, daß der größere Teil der störungsbedingten Stillstände bzw. Störungen primär über bessere organisatorische Abläufe verringert werden kann.
- Die Instandhalter schätzen den Anteil untauglicher oder *fehlerhafter Störungsmeldungen* auf 40 bis 60 %, der zuständige Planer auf wesentlich weniger.

(2) Defizite bei der Unterstützung von Störungsdiagnose und -behebung

Die technische Unterstützung für Störungsdiagnose und -behebung ist bei den gegenwärtig eingesetzten Diagnosefunktionen unzureichend. Im einzelnen geht es um:

- *Mangelnde Qualität von Störungsinformation*: Die Werker monieren a) die geringe Aussagekraft von Störungsmeldungen (zu ungenau, zu pauschal), b) fehlerhafte Störungsmeldungen; letztere entwerten auch die Glaubwürdigkeit der richtigen Störungsmeldungen, vermindern die Akzeptanz und lösen zusätzliche, vermeidbare Such- und Prüfprozeduren aus.

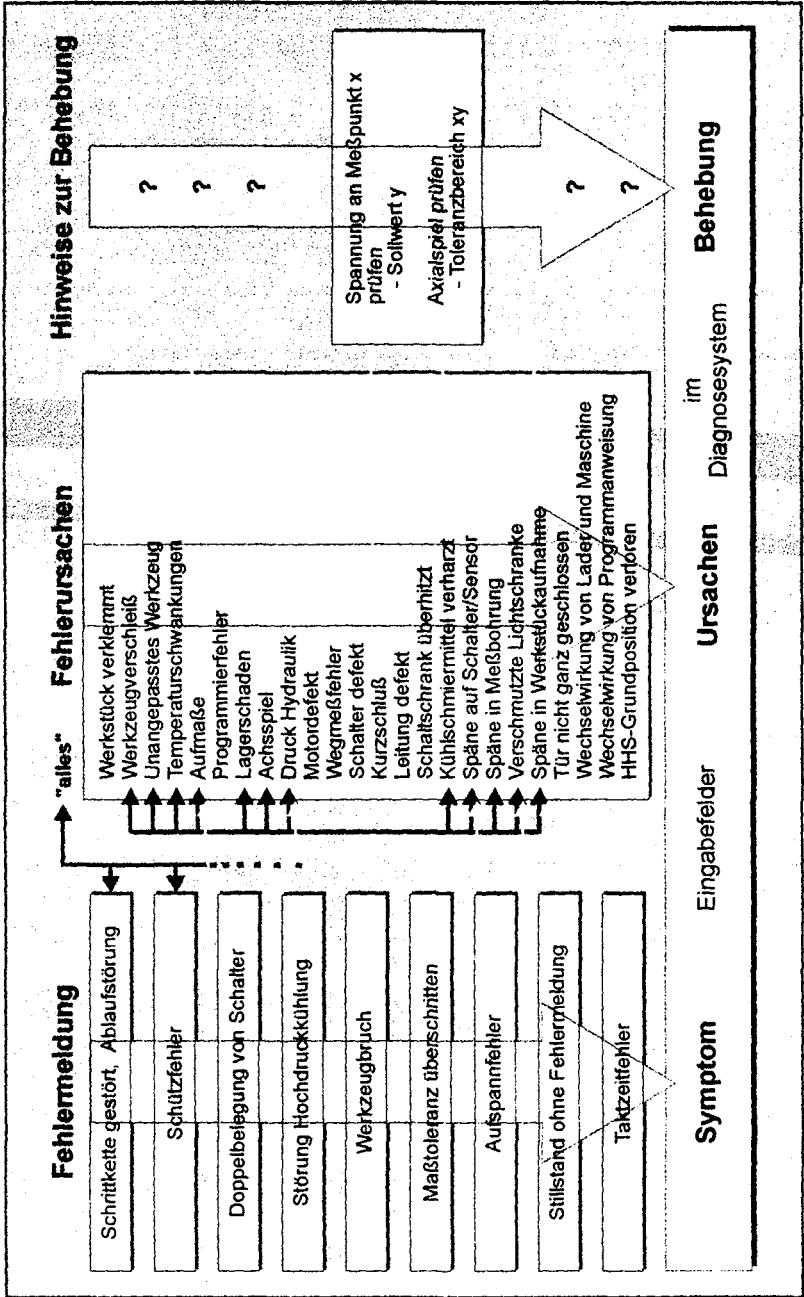


Abb. 3: Unschärfe Zuordnung von Fehler und Ursache

- *Nicht geregelte Prozeßoptimierung*: Sofern Werker entsprechende Vorschläge weiterleiten, bleiben diese oft liegen, da die Planer das Problem für weniger bedeutsam halten oder für die Prozeßoptimierung keine zeitlichen Ressourcen haben; Instandhalter sind nicht befugt oder nicht dafür qualifiziert, die Anpassungen selbst vorzunehmen.
- *Mangelnde Bereitstellung und Auswertung von Störungsinformation*: a) Eine Möglichkeit zur umfassenden statistischen Dokumentation und Auswertung von Störungsinformationen fehlte bislang weitgehend; b) den Werkern mangelt es an Zeit für die Auswertung von Störungsdokumentationen und für vorbeugendes Handeln.
- *Dominanz statistikorientierter Auswertung*: Seit einiger Zeit werden Störungen elektronisch dokumentiert, aber: a) Störungen und Ursachen werden kodiert und können qualitativ nur knapp beschrieben werden; b) bei schwierigeren Störungen werden nur die qualitativen, konkreten Dokumentationen als hilfreich empfunden, nicht die Fehlerstatistik; c) Instandhalter nutzen die Möglichkeit von Klartext-Eingaben kaum, weil ihnen das System bei der Störungsanalyse und -behebung bislang wenig nützt und es für sie zudem schwer zu bedienen ist.
- *Mangelnde Hinweise zur Störungsbehebung* werden sowohl am Bedienfeld als auch am Störungsdokumentationssystem beklagt; demgemäß wird der Bedarf an textlicher und bildlicher Unterstützung nachdrücklich bekundet.

(3) Verschiedene Prinzipien bei der Suche nach Störgründen

Die Störungsbewältigung durch Fachkräfte an der Anlage erfolgt nach einem generellen Ablaufmuster aus mehreren Schritten, Vergleichen und Rückkoppelungen.

Ausgangspunkt ist die Wahrnehmung einer Störung, z.B. durch Blinken einer brennenden Störlampe an einer Transferstraße. Die erste Frage, die sich System- bzw. Maschinenführer dann stellen, betrifft die der gestörten Einheit. Aus diesem Grund gehen sie an das Hauptbedienfeld (HBF) und schalten die Anlagenübersicht an, auf der dann die gestörte Einheit erkennbar ist. Als gute Unterstützung bewerteten die Fachkräfte die Möglichkeit, den Ort der gestörten Einheit bereits an einer beliebigen Ma-

schine abfragen zu können. Am Hauptbedienfeld informieren sich die Mitarbeiter bereits über die allgemeine Störung anhand einer kurzen Störungsbeschreibung. Danach verzweigen sich die Vorgehensweisen der Produktionsarbeiter:

- Eine Vorgehensweise bei der Störungslokalisierung besteht darin, sich bereits auf dem Weg zur Einheit Gedanken über die Störung machen zu können. Dies erfordert eine detaillierte Störungsmeldung bereits am HBF.
- Eine alternative Handlungsstrategie besteht darin, sich nur allgemein am HBF über eine Störung zu informieren und am Einheitenbedienfeld (EBF) als erstes unvoreingenommen in den Innenraum der Maschine zu sehen – erst danach erfolgt dann die Störungslokalisierung am EBF. Gerade dieses In-die-Maschine-Hineinsehen wurde als wichtig beschrieben, um nicht z.B. die Maschine zu früh wieder in die Grundstellung zu fahren (bevor nicht z.B. ein im Verfahrenweg liegendes Blech weggeräumt ist).

Diese beiden Störungsbewältigungsprinzipien führen zur Anforderung, detaillierte Störungslokalisierungen sowohl am HBF als auch am EBF zu ermöglichen. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit gegeben sein, auch am HBF Störungen „wegzudrücken“. Bei der häufigen Fehlerursache „Schalter- oder Meldeüberschneidung“ bestünde die adäquate Fehlerbewältigung im „Wegdrücken“ der Störung und müßte somit auch am HBF angeboten werden.

Ihre Erfahrung mit den jeweiligen Transferstraßen und deren Einheiten läßt die Fachkräfte nach eigener Einschätzung allein aufgrund des Blicks in die Maschine und aufgrund der Fehlermeldung der Maschine in ca. 50 % der Fälle den Störgrund erkennen, der sie in die Lage versetzt, die Maschine wieder anzufahren. In diesen Fällen brauchen sie keine weitere Unterstützung. Als unterstützend wurde eine optional zuschaltbare Anzeige der wahrscheinlichsten/häufigsten Störgründe bei einer gegebenen Fehlermeldung mit zugehörigem Behebungshinweis erachtet. Die Behebung einer Störung aufgrund bekannter und erfahrener „Fälle“ läßt sich als fallbasiertes Prinzip kennzeichnen. Wird sie technisch gestützt, führt sie dazu, daß weitere 30 % der Störfälle einfach behoben werden können.

Falls eine Behebung aufgrund bekannter Fälle und vorliegender Informationen nicht gelingt – in ca. 10 bis 20 % der Fälle –, wurden von den Fachkräften weitere Informationen gewünscht:

- Anzeige der von der Einheit ausgeführten Arbeitsschritte,
- Anzeige des aktuellen Arbeitsschritts,
- Anzeige der noch nicht ausgeführten Arbeitsschritte,
- Ausgabe der letzten Störungen dieser Einheit in einem wählbaren Zeitraum,
- Ausgabe der letzten „ähnlichen“ Störungen,
- Anzeige der geschädigten Bauteilgruppe (Antrieb, Software, Werkzeugspindel etc.),
- Anzeige der Störungsart (Prozeß- oder Maschinenfehler),
- Anzeige der topographischen Lage einer gestörten Bauteilgruppe/eines gestörten Bauteils im graphischen Maschinenbild (z.B. eines Schalters). (Der Ort defekter Schalter wird bisher an Transferstraßen nicht angezeigt. Eine solche Anzeige wäre sehr hilfreich und würde viel Zeit sparen. Eine Anzeige des Störungsorts wird nicht nur an Transferstraßen gewünscht, auch im Serienbetrieb an einzelnen, unverketteten CNC-Bearbeitungszentren wurde dies für eine gute Unterstützung gehalten.)

Die von den Werkern eingesetzten Prinzipien lassen sich hier als symptom-basiert und als topologisch kennzeichnen. Bei dem ersten Prinzip erweitern sie den Symptomraum, indem sie nach weiteren Symptomen, die einen Maschinenstillstand begleiten, suchen. Bei dem topologischen Prinzip werden anhand des Funktionsmodells der Maschine nach und nach (von einem topologischen Ort zum nächsten) mögliche Störgründe geprüft. Je mehr Informationen den System- und Maschinenführern über das Funktionsmodell zur Verfügung stehen, um so intensiver können sie das topologische Prinzip einsetzen.

Falls auch diese beiden Prinzipien nicht zum Erfolg führen, nehmen die Fachkräfte Kontakt zur Instandhaltung auf, die über ein höheres Modellwissen verfügt, und assistieren bei der Störungsbewältigung. Die Instandhalter gehen dann vor allem nach dem topologischen Prinzip oder einer Kombination aus dem symptomatischen und topologischen Prinzip vor, indem sie die topologischen Prüfpunkte aus ihren Erfahrungen freisetzen und kombinieren. Nach Auffassung der Instandhalter könnten sie den Zeitaufwand für die Störungssuche erheblich reduzieren, wenn sie hierbei eine angemessene technische Unterstützung erhielten.

Nach der Behebung des Störgrundes wird die Maschine wieder angefahren. Im Anschluß und teils auch bereits an markanten Punkten der Störungsbewältigung äußerten die Fachkräfte den Wunsch, die Handlung dokumentieren zu können.

(4) Anforderungen aus der Sicht der Fachkräfte an der Anlage

Zur Behebung der festgestellten Defizite und aus dem Bedarf an technischer Unterstützung bei der Anwendung ergeben sich Anforderungen an Diagnosefunktionen. Weitere Anforderungen erwachsen aus der Forderung nach Verhinderung bzw. nach Abbau organisatorisch bedingter Probleme.

Technische Lösungen aus der Sicht der Fachkräfte an der Anlage sind:

- einheitliches Benutzungskonzept für Werkzeugmaschinen (mit NC-Steuerungen) und Transferstraßen (mit SPS-Steuerungen),
- Menüs mit wenigen Ebenen,
- Störungsmeldungen im Klartext (keine Kodierung),
- Kopplung von Störungsmeldungen mit weiteren Informationen über Grundstellung, Teilebearbeitung, Schrittfolgen,
- graphische Anzeige des Störungsortes,
- Präzisierung der Fehlermeldungen, ohne daß dabei die Komplexität durch zusätzliche Sensorik gesteigert wird (da diese auch zur Fehlerquelle werden kann),
- Verbindung von Fehlermeldungen mit Hinweisen zur Störungsbehebung,
- Unterstützung für die Programmierung bzw. Änderung von Fehlermeldungen im System,
- leichter Zugang zu Service-Abteilungen der Hersteller, telekommunikativ (Hotline-Nummern, maschinennahe Telefonanschlüsse) und ggf. informationstechnisch,
- Wählbarkeit des Niveaus der Benutzerunterstützung (Fortgeschrittenmodus für den erfahrenen Anlagenfahrer, Expertenmodus für den Instandhalter),

- Unterstützung einer Online-Fehlerdokumentation im Klartextformat,
- Unterstützung des fallbasierten Prinzips durch Angabe der häufigsten Störgründe bei Fehlermeldungen,
- Unterstützung des symptomatischen Prinzips in der Fehlerdiagnose durch entsprechende Eingabe- und Abfragemodi im Fehlerdokumentationssystem,
- Unterstützung des topologischen Prinzips bei der Fehlerdiagnose auch für System- und Maschinenführer durch Darstellung von Funktionsmodellen in Graphik und Bildern.

Ein möglicher Ansatzpunkt besteht hierfür bei HÜMNOS darin, die Primärdiagnose aus den Daten der Maschinen von der Sekundärdiagnose durch ein Modul zu trennen und die geforderte technische Unterstützung in diesem Modul sicherzustellen.

Organisatorische Lösungen aus der Sicht der Fachkräfte an der Anlage sind:

- Zeitbudgets für Aussprachen im Rahmen kontinuierlicher Verbesserungsprozesse (KVP) vorsehen,
- KVP und Verantwortlichkeit für Systemoptimierung dezentralisieren, Planer entlasten,
- Verbindlichkeit von Entscheidungen über Maßnahmen der Prozeßoptimierung sichern,
- stärkere Einbindung der Werker in Planung und Realisierung technischer Änderungen,
- Kooperation zwischen Planung und Instandhaltung verbessern (Sichtweisen annähern),
- Meetings, die als Belastung empfunden werden, methodisch verbessern,
- Kultur wechselseitiger Anerkennung fördern.

Alle Befragten waren der Ansicht, daß eine technische Lösung, die alle Ansprüche befriedigt, nicht gefunden werden könne. Der Organisation einer kontinuierlichen System- und Prozeßoptimierung wird daher ent-

scheidende Bedeutung beigemessen. Alle technischen Lösungen sollten folglich daraufhin überprüft werden, inwieweit sie innerhalb eines solchen offenen Prozesses anpaßbar sind bzw. ihre Anpassung sollte über geeignete Funktionen aktiv unterstützt werden.

3.3 Bedarf an Informationen zur Transparenz bei komplexen Produktionssystemen

Ein wichtiges Ergebnis von Breitenerhebung und Tiefenuntersuchung für die Gestaltung eines einheitlichen und technologieübergreifenden Bedienkonzepts besteht in der Hervorhebung der Bedeutsamkeit der Transparenz über Produktionsabläufe. Erst Überblick und schnelle Orientierung über Auftragsdurchlauf und den technologischen Bearbeitungsprozeß versetzen die Fachkräfte in der Einzel- und in der Serienfertigung in die Lage, in kritischen unvorhersehbaren Arbeitssituationen durch Abwägen der Konsequenzen sofortigen Eingreifens oder unbeeinflussten Weiterlaufens schnell und situationsadäquat zu handeln.

Die Forderung nach Transparenz bezieht sich allgemein auf zwei eng miteinander verzahnte Bereiche: zum einen auf den Bereich der Initiierung, Steuerung und Kontrolle des technologischen Bearbeitungsprozesses, zum anderen auf den begleitenden Informationsaustausch zur Steuerung und Kontrolle von Prozeßketten.

So ist z.B. Bearbeitungsprogrammtransparenz während der laufenden Bearbeitung notwendig, um kurzfristige Bearbeitungsänderungen vornehmen zu können. Dafür bedarf es u.a. eines Informationsangebots über die Qualität der laufenden Bearbeitung, über die Struktur und die Syntax oder Grammatik des Bearbeitungsprogramms sowie über die Wirkungen bei der Änderung von Programmparametern.

Transparenz von Prozeßketten ist immer dann nötig, wenn die Bearbeitung in mehreren Schichten stattfindet oder auf Informationsaustausch zwischen verschiedenen Abteilungen angewiesen ist. Gerade der Organisation und Unterstützung von Zusammenarbeit entlang Prozeßketten kommt nach den Ergebnissen von Breitenerhebung und Tiefenuntersuchung eine große Bedeutung zur Gewährleistung von Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit zu. Soll eine Koordination über die Abteilungsgrenzen hinweg funktionieren, bedarf es auch hier eines Informationsange-

bots, z.B. bezogen auf die Terminierung von Aufträgen und auf die kapazitive Fertigungssituation oder bezogen auf die technologische Machbarkeit und die funktionale Notwendigkeit von sehr eng tolerierten Maßen.

Ein Ergebnis der Tiefenuntersuchung besteht somit in der Bedeutsamkeit der Herausbildung von Transparenz für Arbeitskräfte und der technischen Unterstützung durch spezifische Informationsangebote und Zugriffsmöglichkeiten. Wenn auch feststeht, daß Transparenz technologieübergreifend zur Steuerung und Kontrolle des Bearbeitungsprozesses notwendig ist, so unterscheiden sich jedoch die Schwerpunkte der Transparenz zwischen Einzel- und Serienfertigung. In nebenstehender Abbildung sind verschiedene Formen von Transparenz aufgeführt. Bedeutsamkeit und Vorkommen der Transparenzformen sind dabei durch die Länge der jeweiligen Balken symbolisiert.

(1) Auftragstransparenz

Diese Form von Transparenz bezieht sich auf die Abwicklung von Aufträgen, d.h. auf das Durchschleusen von Rohmaterial und Werkstücken durch die Prozeßkette.

In der Serienfertigung bezieht sich diese Transparenzform in erster Linie auf die Übersicht des aktuellen Materialflusses in der Anlage. Informationen zum Abarbeitungsstand (wie z.B. schicht- und tageweise Zählung und Anzeige der In-Ordnung- und der Nicht-in-Ordnung-Werkstücke) und zur Disposition von Rohlingen (z.B. Abfragemöglichkeit der geforderten Anzahl eines bestimmten Werkstücktyps in nachgelagerten Abteilungen) sind hier für einen Überblick voraussetzend.

Die Auftragstransparenz hat in der Einzelfertigung einen anderen Stellenwert als in der Serienfertigung. Mit dem Begriff der „Auftragsübersicht“ als Schwerpunkt der Einzelfertigung ist u.a. eine Übersicht zukünftiger Aufträge an der eigenen Maschine und an der von Kollegen, ihrer Terminierung und Technologie in Form einer konstruktiven Zeichnung oder der Verfügbarkeit von Werkzeugen und Werkstücken gemeint. Auf dieser informatorischen Grundlage können die Fachkräfte dann Transparenz ausbilden und zum einen die Reihenfolge der abzuarbeitenden Aufträge so festlegen, daß das Verhältnis zwischen Rüstzeit und Durchlaufzeit situationsadäquat optimiert werden kann; zum anderen ist es ihnen aufgrund dieser Auftragstransparenz auch möglich, kurzfristig notwendig

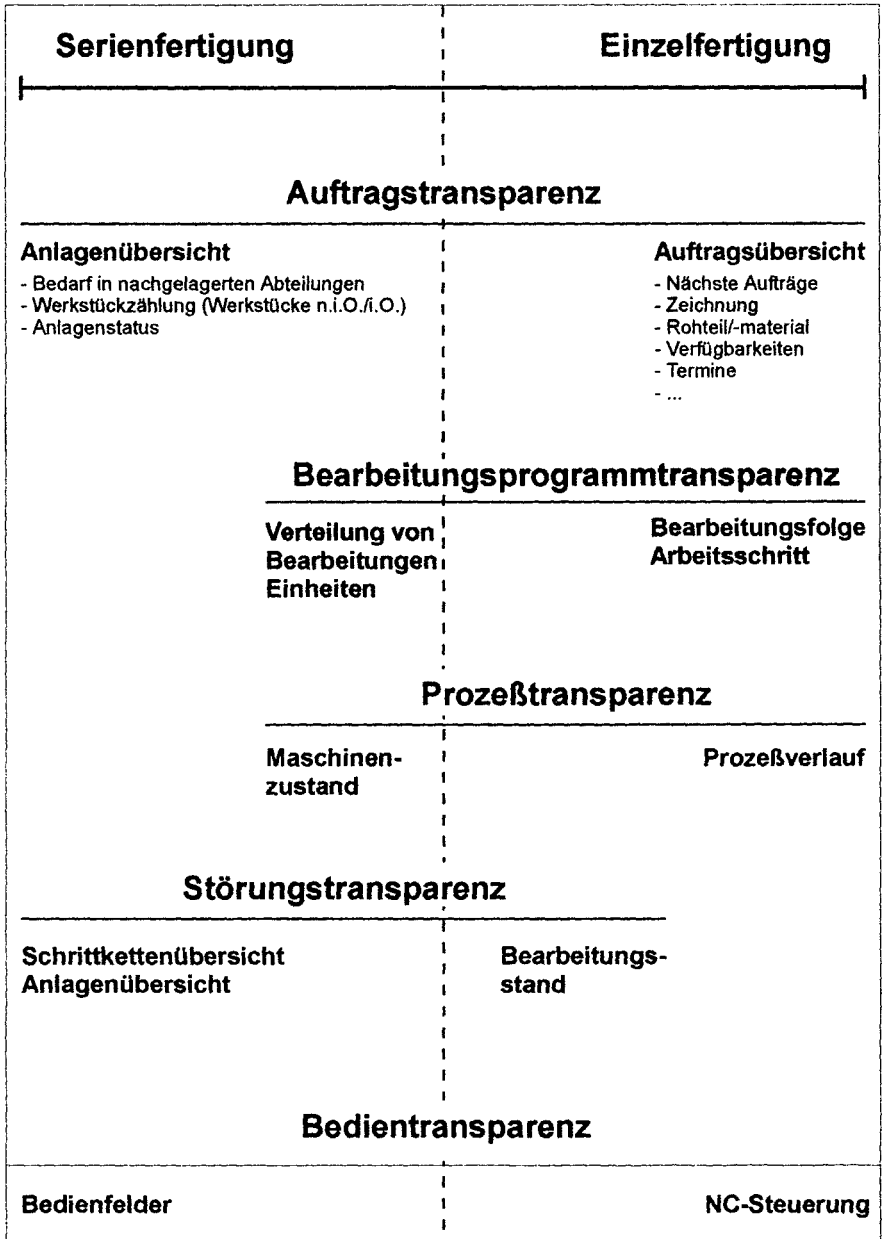


Abb. 4: Transparenzformen

werdende Umplanungen (z.B. durch sog. Eilaufträge mit hoher Produktionspriorität) so vorzunehmen, daß die eigentliche Bearbeitungsreihenfolge nicht völlig aus dem Blick gerät.

(2) Bearbeitungsprogrammtransparenz

Eine weitere Form der Transparenz betrifft den Überblick zum eingesetzten Bearbeitungsprogramm.

Diese Transparenzart ist in der Einzelfertigung generell von größerer Bedeutung. Da hier die Werkstücke und damit die entsprechenden Bearbeitungsprogramme und die in ihnen festgelegten Bearbeitungsstrategien öfters wechseln, müssen sich die Fachkräfte den im Programm festgelegten Bearbeitungsablauf entsprechend häufiger aneignen.

Diese Aneignung einer Bearbeitungsstrategie ist in der Serienfertigung dagegen weniger häufig der Fall. Nach der Inbetriebnahme und dem Einfahren der Linie laufen hier über einen Zeitraum von ca. fünf Jahren immer dieselben Werkstücke, deren technologische Bearbeitung z.B. durch Einsatz neuer Werkstoffe nur noch marginal optimiert wird. Da in Zukunft mit der Flexibilisierung der Produktion gerechnet wird, werden möglicherweise aber auch hier Bearbeitungsänderungen bei der Herstellung von Varianten zunehmen.

Wichtig zur Unterstützung der Bearbeitungsprogrammtransparenz in der Einzel- und Kleinserienfertigung sind z.B. Informationen über die im Programm festgeschriebene Bearbeitungsfolge, über den detaillierten Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte sowie über die Funktionen und Parameter des Bearbeitungsprogramms. In der Serienfertigung sind demgegenüber an dieser Stelle Informationen u.a. über die Verteilung von Bearbeitungen und von Werkzeugen auf die einzelnen Fertigungseinheiten – z.B. einer Transferstraße – wichtiger.

(3) Prozeßtransparenz

Von den Arbeitskräften wird auch eine Übersicht über Fortschritt und Zustand von Bearbeitungsabläufen verlangt.

Nach den Ergebnissen der Tiefenuntersuchung ist diese Form der Transparenz in der Regel in der Einzelfertigung von größerer Bedeutung als in der Serienfertigung. Hier sind die technologischen Bearbeitungsprozesse

wesentlich sicherer eingestellt und einstellbar als in der Einzelfertigung. Aus dieser relativ hohen Prozeßsicherheit resultiert, daß die Fachkräfte bei der Überwachung der Linien und Anlagen weniger den technologischen Bearbeitungsprozeß kontrollieren als vielmehr die Funktionstüchtigkeit der Maschinen selbst.

Der Schwerpunkt der Prozeßtransparenz in der Serienfertigung liegt demnach in der Orientierung über den Anlagenzustand. Dies drückt sich auch in den Einschätzungen der Störungshäufigkeiten aus: Prozeßstörungen z.B. aufgrund falsch programmierter Verfahrenwege kommen nur sehr selten vor. Als viel häufiger werden Unterbrechungen des maschinellen Ablaufs eingeschätzt, z.B. durch Doppelbelegung von Schaltern etc. Relevante Informationen für die Einschätzung der maschinellen Funktionstüchtigkeit entnehmen die Fachkräfte nach den Beobachtungen der Tiefenuntersuchung auch – wie bei der Einzelfertigung – dem Geräuschspektrum, das mit dem Maschinenlauf einhergeht. Lagerschäden oder Druckabweichungen können sie bereits zum Teil an diesen Geräuschkennlinien identifizieren. Weitere sinnvolle Informationen zur Unterstützung der Transparenz des Anlagenzustands könnten in Kraftaufnahmen oder in Körperschallemissionen bestehen.

In der Einzelteil- und Kleinserienfertigung mit Bearbeitungszentren richtet sich die Prozeßtransparenz demgegenüber viel stärker auf die Überwachung des technologischen Prozeßverlaufs aus. Die Abstimmung zwischen der programmierten und der realen Situation an der Maschine stimmt häufiger nicht, und auch sonstige Programmparameter, wie z.B. Schnittwerte, Schnittzuteilungen, sind häufig nicht situationsadäquat. Simulationen des programmierten Ablaufs sowie auditive, visuelle, kinästhetische und olfaktorische und – wenn nicht anders möglich – mediatrisierte Prozeßzugänge können hier Informationen liefern, die eine ausreichende Transparenz über den Prozeßverlauf ermöglichen. In der Serienfertigung spielt die Prozeßtransparenz jedoch überall da eine wichtige Rolle für die Prozeßüberwachung, wo teure Werkzeuge eingesetzt werden, z.B. bei Schleifmaschinen in der Nockenwellenfertigung. Da Meßtechnik und Schleiftechnik häufig nicht aufeinander abgestimmt sind, ergeben sich hier oft erhebliche Defizite für die Prozeßüberwachung.

(4) Störungstransparenz

Um die Produktion reibungslos in Gang zu halten bzw. Unterbrechungen schnell bewältigen zu können, haben die Fachkräfte Bedarf an einer

Übersicht zum Störungsgeschehen. Analog zur Prozeßtransparenz fanden sich in der Tiefenuntersuchung unterschiedliche Schwerpunkte dieser Transparenzforderung in der Einzel- und der Serienfertigung.

In der Einzel- und Kleinserienfertigung besteht der größte Störungsanteil, wie schon angesprochen, in der Abweichung von geplanten Bearbeitungsabläufen. Infolgedessen wären hier Anzeigen zum Bearbeitungsstand in Form einer Simulation sehr hilfreich. In der Serienfertigung ist demgegenüber entscheidend, bei welchem Schritt des immer gleichen Bearbeitungsablaufs die Fertigungseinheit stehengeblieben ist. Deshalb sind Anlagen- und Schrittkettenübersichten hier die adäquaten Informationsangebote.

(5) Systemtransparenz

Fachkräfte möchten möglichst schnell und sicher mit verschiedenen Maschinen umgehen können. Hier geht es um das schnelle „Sichzurechtfinden“ in Menüstrukturen und an der Benutzungsoberfläche der Maschinen verschiedener Hersteller. Eine erste Anforderung zur Unterstützung der Bedientransparenz besteht in der mnemotechnischen Gestaltung von Symbolen und Tasten. Hierunter läßt sich die leichte und eindeutige Wiedererkennbarkeit von Symbolen, Tasten und Anzeigen sowie die schnelle Orientierung über die Auswirkungen von Eingaben und Tastenauslösungen verstehen.

Eine weitere Anforderung betrifft die Diskriminierung und Zuordnung von Symbolen/Tastenbezeichnungen zu Funktionen. Vor allem bei älteren Generationen von Steuerungen und Maschinen werden ähnliche Symbole für unterschiedliche Tätigkeiten verwendet. Die in die Tiefenuntersuchung einbezogenen Fachkräfte an den Maschinen und Anlagen berichten übereinstimmend, daß es leicht zu gravierenden Fehlbedienungen durch Verwechseln von Symbolen komme, wenn diese sich nur in Nuancen unterscheiden. Dies ist in der Serienfertigung mit verketteten NC-Einheiten und an Transferstraßen in stärkerem Ausmaß der Fall als in der Kleinserienfertigung an Bearbeitungszentren. Eine Erklärung kann darin gesehen werden, daß die Fachkräfte in der Einzelteil- und Kleinserienfertigung in der Regel nur an einer (ihrer) Maschine arbeiten und sehr viele Funktionen während ihrer täglichen Arbeit benutzen. Zwar berichten auch sie über Fehlbedienungen in der Anfangszeit, die jedoch durch zunehmende Übung und Vertrautheit mit der Steuerung abnehmen.

In der Serienfertigung werden wichtige Funktionen teils selten genutzt – z.B. im Störfall, und teils werden sie von Steuerungshersteller zu Steuerungshersteller unterschiedlich belegt. Hier kommt es häufig zum Vergessen der Handhabung selten genutzter Funktionen. Gerade seltener genutzte Symbole und Tasten müssen somit in ihrem Bezug zur auslösenden Funktion deutlich und einheitlich gekennzeichnet und damit wiedererkennbar sein – die Reproduktionsleistung verhält sich reziprok zur Häufigkeit der Nutzung von Funktionen.

Eine weitere Forderung in diesem Zusammenhang betrifft die nach einheitlicher Verwendung weniger, kontrastreicher Farben. Diese werden gegenwärtig noch herstellerabhängig unterschiedlich verwendet. Unterschiedliche Farben wurden z.B. in der Serienfertigung mit Transferstraßen gewünscht für Grundstellung, Fertigmeldung, Automatik, Spannzustand und Störung.

Die Forderung nach wenigen und leicht zu unterscheidenden Farben gilt nicht nur für ältere Steuerungen, sondern hat auch bei neueren Steuerungen Gültigkeit. Die Fachkräfte bewerteten die Anlagenübersicht auch bei gerade ausgelieferten Bedienungssystemen als „unübersichtlich“ und „überladen“. Offenbar wird ihr Anliegen – seit vielen Jahren bekannt – immer noch nicht bei technischen Entwicklungen berücksichtigt. So finden sich auf Bedienfeldern bis zu acht verschiedene Informationen mittels Farben kodiert, die zudem als zu wenig kontrastreich eingestuft werden. Gerade bei den Übersichten kommt es für die Werker darauf an, sich mit einem Blick über die wichtigsten Informationen orientieren zu können. Dies bedeutet, daß nur zusammengefaßte Informationen mit wenigen, aber kontrastreichen Farben dargestellt werden sollten (nach übereinstimmenden Aussagen der befragten Werker sind dies vier oder fünf Farben).

Die Unterscheidung von Symbolen und Tasten in bewegungsauslösend, anzeigend, navigierend und dateneingebend wurde von den Fachkräften als weitere Anforderung zur Unterstützung der Bedientransparenz formuliert. In den Gesprächen zeigte sich immer wieder, daß insbesondere neu anzulernende Mitarbeiter Schwierigkeiten haben, sich mit neuen Steuerungen auseinanderzusetzen, um z.B. deren Funktionen vollständig kennenzulernen (das ist auch einer der Gründe, daß in der Regel nur 30 bis 70 % des Funktionsumfangs genutzt werden). Zu groß erscheint die Gefahr, einen falschen Knopf zu drücken, dessen Folgewirkungen unab-

sehbar sind. Eine Fehlbedienung bewegungsauslösender Funktionen und die durch das Crasherlebnis entstehende Angstschwelle, die Steuerung probierend kennenzulernen, kann durch eine eindeutige Unterscheidung zwischen bewegungsauslösenden, anzeigenden und navigierenden sowie dateneingebenden Funktionen/Softkeys/Tasten reduziert werden. Auch Bestätigungsnachfragen des Systems bei gravierenden Eingriffen werden als hilfreich eingeschätzt. Wichtig sind vor allem Unterscheidungen in „ungefährliche“ und „gefährliche“ Eingaben und Eingriffe – weil hier die Maschine verfahren wird oder sonstige wesentliche Änderungen vorgenommen werden. Früher waren diese beiden Zustände über Schlüssel-schalter voneinander getrennt.

In den Gesprächen mit den Fachkräften an den Maschinen wurde das Konzept „Windows für die Fabrik“ sehr ambivalent diskutiert. Den Vorteilen z.B. der Fenstertechnik, bestehend aus vielfältigen und gutstrukturierten Informationsangeboten, wurden die Nachteile der Unübersichtlichkeit der Fensterdarstellung und der nicht werkstattgemäßen Eingabemedien zur Navigation entgegengehalten. Gerade die Bedienung mit der Maus wurde infolge der hohen Verschmutzung in einer Werkstatt als schwierig eingeschätzt. Allerdings werden Verschleiß und Dreck auch bei anderen Ein- und Ausgabemedien als Problem beschrieben: So verschleiben Folientastaturen und verblasen Schriftfelder auf den Bedienpulten und werden mit der Zeit unlesbar.

Die Ergebnisse der Tiefenuntersuchung lassen sich zu den Eingabemedien dahingehend zusammenfassen, daß die Einschätzungen der Werker durch eine Mischung aus Skepsis und Interesse geprägt sind. Es wurde hervorgehoben, daß ein Navigations- und Zeigeinstrument einerseits zwar neue Möglichkeiten der Bedienung eröffnet, aber andererseits genau geprüft werden sollte, ob diese neuen Möglichkeiten hinsichtlich der geforderten Anwendungen wirklich notwendig und ob die Instrumente letztlich werkstattauglich sind. Insgesamt trauten sich die Werker aber zu, auch ein neues Eingabeinstrument wie die Maus beherrschen zu können.

3.4 Konturen für eine handlungsorientierte Benutzungsoberfläche

Für Mercedes-Benz und BMW wurde im Anschluß an Breitenerhebung und Tiefenuntersuchung ein Rahmenkonzept für die Benutzungsoberfläche der Demonstration ausgearbeitet. In dieses Konzept gehen ausge-

wähle, gegenwärtig als realisierbar erscheinende Anforderungen aus Nutzersicht ein. Das Konzept eignet sich dazu, die beiden Gestaltungsaspekte Vereinheitlichung und Spezifizierung zu veranschaulichen. Eine Übersicht der Anforderungen zeigt die folgende Abbildung.

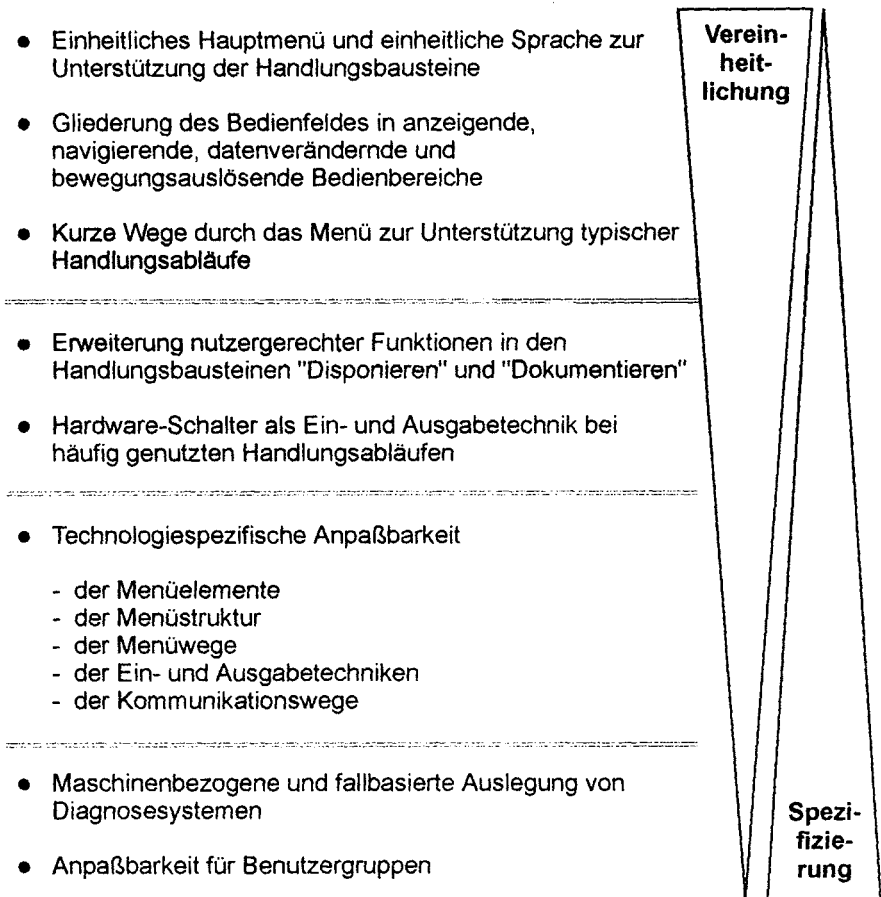


Abb. 5: Anforderungen an die HÜMNOS-Benutzungs Oberfläche bei den Anwendern