

Jürgen Göhringer

*Integrierte Telediagnose
via Internet zum effizienten Service
von Produktionssystemen*

Jürgen Göhringer

*Integrierte Telediagnose
via Internet zum effizienten Service
von Produktionssystemen*

Herausgegeben von
Professor Dr.-Ing. Klaus Feldmann,
Lehrstuhl für
Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik

FAPS



Meisenbach Verlag Bamberg

Als Dissertation genehmigt von der Technischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der Einreichung:	13. September 2000
Tag der Promotion:	22. Dezember 2000
Dekan:	Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm
Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
	Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Göhringer Jürgen:

Integrierte Telediagnose via Internet zum effizienten Service
von Produktionssystemen / Jürgen Göhringer. - Bamberg : Meisenbach, 2001
(Fertigungstechnik - Erlangen ; 111)
Zugl.: Erlangen, Nürnberg, Univ., Diss., 2001
ISBN 3-87525-147-4 ISSN 1431-6226

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks
und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus,
vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des
Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein
anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichts-
gestaltung - mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG ausdrücklich
genannten Sonderfälle -, reproduziert oder unter Verwendung
elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder
verbreitet werden.

© Meisenbach Verlag Bamberg 2001

Herstellung: Gruner Druck GmbH, Erlangen-Eltersdorf

Printed in Germany

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Herrn Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann, dem Leiter dieses Lehrstuhls am Institut für Maschinenbau und Fertigungstechnik, danke ich für die engagierte Förderung meiner Arbeit sowie für den Freiraum bei der Bearbeitung des Aufgabenfeldes und dem mir damit entgegengebrachtem Vertrauen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm, dem Leiter des Lehrstuhls für Konstruktionstechnik am Institut für Maschinenbau und Fertigungstechnik, danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Kollegen am Lehrstuhl, mit denen ich wertvolle Diskussionen führte und die mir interessante fachliche Anregungen gaben, und somit einen wichtigen Beitrag zum erfolgreichen Gelingen der Arbeit geleistet haben. Ferner gilt mein Dank allen Studenten und wissenschaftlichen Hilfskräften, die mich bei der Bearbeitung meiner Projekte und der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Insbesondere möchte ich mich bei Christian Barthel, Stefan Müller, Holger Neuhoﬀ und Jan Zuleeg für ihr außergewöhnliches Engagement bedanken. Bei Herrn Gerhard Ziegler bedanke ich mich zudem für die intensive Mithilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich stets bei der Erreichung meiner Ziele unterstützt haben. Mein herzlichster Dank gebühren meiner Freundin Stefanie und unserem Sohn Patrick, die durch permanente Motivation ganz wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben und viel Verständnis für Wochenenden und Abende aufgebracht haben, an denen ich mit meiner Arbeit beschäftigt war.

Erlangen, März 2001

Jürgen Göhringer

Integrierte Telediagnose via Internet zum effizienten Service von Produktionssystemen

– Inhaltsverzeichnis –

1 Einleitung	1
2 Telediagnose in der industriellen Produktion	3
2.1 Kenngrößen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen	3
2.2 Neue Herausforderungen für den industriellen Teleservice durch Änderung der Randbedingungen	5
2.2.1 Allgemeine technische Entwicklungen	5
2.2.2 Veränderte wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Aspekte	7
2.3 Begriffliche Eingrenzung und Einsatzpotenziale der Telediagnose ...	9
2.4 Rahmenbedingungen beim Einsatz der Telediagnose	15
2.5 Strategische Bedeutung der Telediagnose für die Anwendergruppen	19
2.6 Technologische Strukturierung der Lösungen zur Telediagnose	23
2.6.1 Prinzipielle Basiskonzepte	23
2.6.2 Einsatz und Eignung verschiedener Telekommunikationsnetze	28
2.7 Systematische Analyse und Klassifizierung interessanter Lösungen zur Telediagnose	31
3 Neue Potenziale durch den Einsatz moderner Technologien des Internets in der industriellen Produktion	36
3.1 Die Informations- und Kommunikationstechnologie der Wissensgesellschaft	36
3.2 Grundlagen des Internets zur Nutzung bei der Telediagnose	37
3.2.1 Basiskonzepte und Verbreitung des Mediums	37
3.2.2 Netzwerke und Protokolle	39

3.3 Standarddienste des Internets	40
3.4 Das World Wide Web (WWW)	42
3.4.1 Technologien und Konzepte	42
3.4.2 Multimedia im Internet	46
3.5 Fortschrittliche Technologien und Konzepte zur Softwareentwicklung für das Internet	47
3.5.1 Methoden für ein interaktives World Wide Web	47
3.5.2 Die plattformunabhängige Programmiersprache Java	49
3.5.3 Grundlegende Prinzipien der Sicherheitstechnologien	51
3.6 Potenziale durch den Einsatz des Internets in produzierenden Unternehmen	54
4 Konzeption des integrierten Telediagnosesystems für Produktionssysteme	57
4.1 Bewertung der Leistungsfähigkeit bestehender Ansätze zur Telediagnose	57
4.2 Strukturierung der Anforderungen an das integrierte Telediagnosesystem	59
4.2.1 Allgemeine Anforderungen	60
4.2.2 Benutzerfreundlichkeit der Anwenderschnittstelle	60
4.2.3 Standort- und plattformunabhängiges System mit zentraler Architektur	61
4.2.4 Rechnergestütztes Diagnosesystem mit hybrider Wissensbasis	61
4.2.5 Anwendung von Multimedia zur Anwenderkommunikation	63
4.2.6 Offene Schnittstellen zu externer Hard- und Software	64
4.3 Systematischer Entwurf des integrierten Telediagnosesystems	65
4.3.1 Struktureller Aufbau des Systems	65
4.3.2 Architektur des Softwaresystems	67
4.3.3 Integration der Programme zum Gesamtsystem	68
4.3.4 Aufbau und Strukturierung der Datenbasis	73
4.3.5 Entwurf einer geeigneten Hard- und Softwarestruktur	75

4.4 Analyse der Anwenderakzeptanz und systematische Bewertung der Programme des Telediagnosesystems	77
4.4.1 Akzeptanz des Systems	77
4.4.2 Systematische Bewertung der Programme	79
5 Konzeption und Implementierung des Kommunikationssystems zum globalen Zugriff auf verteiltes Wissen und Werkzeuge	81
5.1 Anforderungen an das Datenbank-Gateway	81
5.2 Entwurf des Datenbank-Gateways auf Basis der Analyse verschiedener Ansätze zur Datenbankanbindung via Internet	82
5.2.1 Ansätze auf der Basis des HTTP-Protokolls	83
5.2.2 Ansätze auf der Basis von Java	84
5.2.3 Mechanismen der Interprozesskommunikation	84
5.2.4 Die Schnittstelle Java Database Connectivity	86
5.2.5 Zusammenfassende Bewertung	87
5.3 Realisierung des internetfähigen Datenbank-Gateways	87
5.3.1 Konzeptioneller Entwurf mittels Methoden der Interprozesskommunikation und der JDBC-Schnittstelle	87
5.3.2 Besondere Aspekte der Implementierung und prinzipielle Funktionsweise des Datenbank-Gateways	90
5.3.3 Anforderungsabhängige Kommunikation des Gateways in Verbindung mit Firewalls	92
5.4 Sicherheit durch Authentifikation und Autorisierung mittels eines Moduls zur System- und Benutzeradministration	93
5.5 Projektierbare Schnittstelle zur datentechnischen Koppelung des Telediagnosesystems an Produktionsmaschinen	96
5.5.1 Entwurf und Beschreibung der allgemeinen Systemschnittstelle	96
5.5.2 Parametrierbare Schnittstelle zu Produktionsanlagen über ein kommerzielles Bedien- und Beobachtungssystem	97
5.5.3 Exemplarische Koppelung an die PC-basierte Steuerung einer Werkzeugmaschine	99

6 Entwicklung der internetbasierten Systemmodule zur Visualisierung und Anwenderkommunikation	101
6.1 Programm zur Zustandsvisualisierung von Produktionssystemen ...	102
6.1.1 Einsatzszenarien und Funktionalität	102
6.1.2 Modulare Implementierung der Visualisierungsfunktionalität ..	104
6.2 Programm zur virtuellen Visualisierung des Prozesszustandes	106
6.2.1 Konzeption der Prozessvisualisierung mit der internetbasierten 3D-Modellierungssprache VRML	106
6.2.2 Generierung der VRML-Objekte von Werkstück und Werkzeug	108
6.2.3 Softwaretechnische Realisierung des Moduls	109
6.3 Eingeschränkte Fernsteuerung eines Produktionssystems durch den Zugriff auf die Maschinensteuerung	111
6.4 Multimediales Kommunikationsmodul zur kooperativen Problemlösung zwischen Maschinenbediener und Experten	115
6.4.1 Struktur des Moduls zum bidirektionalen Informationsaustausch	115
6.4.2 Implementierung und Nutzung des Kommunikationsmoduls ..	118
6.5 Modul zur automatischen Benachrichtigung des Personals	119
6.5.1 Konzeptioneller Entwurf des Nachrichtenversandes	119
6.5.2 Programmtechnische Umsetzung des Moduls	121
7 Entwicklung des rechnergestützten Diagnoseprogrammes auf der Basis von Internet-Technologien	123
7.1 Systematischer Entwurf des Programmes	123
7.1.1 Methoden und Problematik der technischen Diagnose	123
7.1.2 Entwicklung der Architektur und der Module des Programmes	126
7.2 Wissensrepräsentation zur Problemlösung in der Diagnose	128
7.2.1 Modellierung der Fehler-Ursachen-Strukturen	129
7.2.2 Integration von Konfidenzfaktoren zur Wissensbewertung	131
7.2.3 Aufbau und Strukturierung der Datenbasis	136
7.3 Verarbeitung der aktuellen Symptomdaten	137
7.4 Inferenzstrategien zur rechnergestützten Fehlerdiagnose	138

7.5 Implementierung der Klassen zur Abbildung der Diagnosefunktionalität	141
7.6 Systematischer Wissenseditor zur direkten Akquisition von Expertenwissen	141
7.6.1 Problemfeld und Methoden der Wissensakquisition	141
7.6.2 Konzeptioneller Entwurf des Werkzeuges	142
7.6.3 Programmtechnische Realisierung des Wissenseditors	144
7.7 Einsatz der Anwenderschnittstelle bei der Durchführung einer Telediagnose	147
8 Konzeption und Implementierung des Data-Mining-Programmes zur Systemoptimierung mit gesicherten Basisinformationen	150
8.1 Grundbegriffe und Grundlagen des Data Mining	150
8.2 Gesamtkonzept und Nutzen des Data-Mining-Programmes	152
8.3 Programm zur Verdichtung von Maschinen- und Prozessdaten	156
8.3.1 Grundlegendes Funktionsprinzip der Verdichtung	156
8.3.2 Implementierung der Softwaremodule zur Durchführung der Verdichtung	158
8.4 Data-Mining-Programm zur Generierung neuen Wissens	160
8.4.1 Konzept der prototypischen Realisierung	160
8.4.2 Exemplarische Anwendung der Funktionalität des Werkzeugs	162
9 Zusammenfassung und Ausblick	163
Literaturverzeichnis	165
Abkürzungen	

1 Einleitung

Aufgrund der Globalisierung der Industrie und dem zunehmenden internationalen Wettbewerbsdruck wird für die Hersteller von Produktionssystemen die Präsenz und das Agieren auf den weltweiten Märkten zu einem immer bedeutenderen strategischem Wettbewerbsfaktor [53], der einen entscheidenden Einfluss auf den zukünftigen wirtschaftlichen Erfolg der Unternehmen besitzt.

Kürzere Innovationszyklen, individuellere Produkte, geringere Stückzahlen sowie gestiegene Qualitätsansprüche erfordern leistungsfähigere Produktionssysteme mit hoher Verfügbarkeit, Flexibilität und Prozesssicherheit. Die Hersteller reagieren auf diese neuen Anforderungen durch die zunehmende Integration von Elektronik und intelligenter Software in mechanisch aufwendige Maschinen und Anlagen. Die Folge sind komplexere Störungen mit vielschichtig verzahnten Ursachenstrukturen, so dass zur schnellen und zielgerichteten Diagnose die Unterstützung des Kunden durch Experten des Herstellers unbedingt erforderlich ist.

Neben der reinen technischen Leistungsfähigkeit eines Produktionssystems steht zudem in verstärktem Maße das Serviceangebot eines Herstellers bei Investitionsentscheidungen im Vordergrund [154]. Insbesondere der Bereich der Telediagnose ist dabei von hervorgehobener Bedeutung [137], da die Wirtschaftlichkeit der kostenintensiven und technisch hoch entwickelten Systeme vornehmlich durch eine hohe Verfügbarkeit erreicht wird. Diese Dienstleistung ist somit ein ausgezeichnetes Merkmal zur Differenzierung gegenüber dem Wettbewerber [155].

Infolge der genannten Anforderungen – Globalisierung, Systemkomplexität und Wettbewerberdifferenzierung – müssen die Anbieter von Produktionssystemen neue Ansätze verfolgen, um ihre Weltmarktposition zu sichern und auszubauen. Ein entscheidender Aspekt ist hierbei die integrative Verknüpfung innovativer Technologien mit einer leistungsfähigen und globalen Produktbetreuung.

Die deutlich gestiegene Leistungsfähigkeit der Informationstechnik und der schnelle Ausbau der weltweiten Kommunikationsinfrastruktur ermöglichen es den Herstellern, diesen neuen Anforderungen durch den Einsatz von Telediagnosesystemen gerecht zu werden. Für international agierende Unternehmen eröffnen sich ausgesprochen hohe Potenziale bei den Serviceleistungen Überwachung, Diagnose und Störungsbehebung, vor allem bezüglich Zeit- und Kosteneinsparungen. Für kleine und mittelständische Hersteller, die über keine ausreichenden Ressourcen zur permanenten Bereitstellung von Servicepersonal vor Ort verfügen, kann diese Technologie die entscheidende Barriere zur Erschließung neuer Märkte aufbrechen.

Der Einsatz der Telediagnose beschränkt sich nicht nur auf die Hersteller-Kunden-Beziehung, sondern besitzt auch im innerbetrieblichen Umfeld interessante Anwendungsfelder. Die Nutzung der weltweiten Unternehmensressourcen, zur Ausschöpfung der sich durch die Globalisierung eröffnenden Perspektiven, führt zu einer Verteilung der Standorte. In diesem Bereich kann die Telediagnose zur Steigerung der Transparenz im Unternehmen sowie zum weltweiten Austausch des internen Spezialistenwissens zur Betreuung von entfernten Produktionssystemen beitragen.

Aktuell verfügbare Telediagnosesysteme sind erste Ansätze zur Störungsbehandlung an Maschinen und Anlagen auf der Basis der Telekommunikationsinfrastruktur. Diese Systeme sind allerdings als unternehmensspezifische Lösungen realisiert [76], ohne dass eine Systematik zur Adaption auf andere Produktionssysteme gegeben ist. Das wesentliche Defizit ist in der fehlenden Unterstützung des Anwenders durch rechnergestützte Werkzeuge bei den Problemlösungsprozessen der Diagnose zu sehen. Sowohl kommerzielle als auch in Forschungsinstituten entwickelte Systeme realisieren nur die Übertragung von Daten, und überlassen deren weitergehende Auswertung und Interpretation vollkommen dem Anwender. Zudem werden die Möglichkeiten globaler Netzwerke zum Austausch und zur Bereitstellung multimedialer Informationen nur begrenzt ausgeschöpft. Die Integration von rechnergestützten Softwaresystemen, wie netzwerkfähige Visualisierungs- und Diagnoseprogramme mit multimedialen Elementen, könnten eine effiziente Unterstützung des Anwenders darstellen und somit die Diagnose in den einzelnen Prozessschritten deutlich beschleunigen.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein innovatives Telediagnosesystem mit einem neuen Ansatz entwickelt, das die Defizite bisheriger Lösungen beseitigt sowie neue Möglichkeiten der rechnergestützten, integrierten und multimedialen Telediagnose eröffnet. Somit kann ein deutlicher Fortschritt auf diesem Gebiet erzielt werden, welcher der Komplexität moderner Produktionssysteme Rechnung trägt sowie aktuelle und zukünftige Anforderungen berücksichtigt.

Mit diesem Telediagnosesystem kann, durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien in Verbindung mit der Anwendung netzwerkbasierter Softwareprogramme, das Wissen von Experten zielgerichtet und effizient zur rechnergestützten Diagnose in räumlich entfernten Regionen eingesetzt werden. Insbesondere werden die Potenziale und Möglichkeiten des Internets umfassend genutzt und dadurch standardisierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt, so dass eine schnelle Adaption auf andere Maschinen und Anlagen gegeben ist. Das System verfügt über mehrere netzwerkfähige und verteilt operierende Softwareprogramme, welche die durchgängige Rechnerunterstützung des Benutzers in der gesamten Prozesskette der Diagnose realisieren. Die Anwendungen erstrecken sich von der Visualisierung über Strategien zur Ursachenfindung und Fehlerbehebung bis zur datenbankbasierten Analyse der Systemzustände. Von Bedeutung in dem Softwaresystem ist zudem die Unterstützung der kooperativ bei der Problemlösung tätigen Personen mit entsprechenden Werkzeugen sowie die umfassende Bereitstellung multimedialer Informationen zur Störungsbehebung.

Ein weiteres herausragendes Merkmal des Systems ist der integrierte Ansatz, der die Verschmelzung der lokalen Diagnose vor Ort mit der Telediagnose in einem Softwaresystem realisiert und somit beide Aufgabenbereiche abdeckt. Durch die Nutzung moderner Technologien des Internets ist die plattform- und standortunabhängige Ausführung des Telediagnosesystems an jedem internetfähigen Rechner möglich, sowohl im Service des Herstellers als auch direkt am Produktionssystem.

2 Telediagnose in der industriellen Produktion

Durch den Einsatz von Telediagnosesystemen auf der Basis moderner Kommunikationstechnik werden hervorragende Möglichkeiten eröffnet, das Wissen der Experten verschiedener Fachdisziplinen des Herstellers ausgesprochen schnell, effizient und global zur Diagnose der Produktionssysteme der Kunden zu nutzen. Somit kann eine schnelle Ermittlung der Fehlerursache und die gezielte Einleitung von Maßnahmen zur Fehlerbehebung erfolgen. Besonders die deutsche Industrie hat die Potenziale dieser Technologie erkannt und nimmt derzeit die international führende Rolle auf diesem Sektor ein. In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Aspekte des Einsatzes der Telediagnose in der Produktion beleuchtet, ausgehend von den Bewertungskenngrößen, über die veränderten Randbedingungen zur Förderung dieser Technologie und den Nutzenpotenzialen, bis zu den technologischen Basiskonzepten und den aktuell verfügbaren industriellen Lösungen.

2.1 Kenngrößen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Produktionssystemen

Der Gesamtnutzungsgrad und die Technische Verfügbarkeit sind die entscheidenden Kenngrößen zur objektiven Charakterisierung des Leistungsgrades von Produktionssystemen in einem definierten Betrachtungszeitraum. Diese Werte, die verschiedenen, teilweise unternehmensspezifischen Ausprägungen unterliegen, werden nachfolgend entsprechend dem Entwurf zur VDI-Richtlinie 3423 [110] definiert.

Die Kenngrößen basieren dabei auf verschiedenen Einzelzeiten. Die Belegungszeit T_B summiert die Zeitanteile innerhalb des Betrachtungszeitraums, für die eine Nutzung des Produktionssystems geplant ist. In der Summation sind organisatorisch (T_O) und technisch bedingte Ausfallzeiten (T_T) sowie Wartungszeiten (T_W) enthalten, aber keine Anteile aus nicht für die Produktion geplanten Zeiten. Die Nutzungszeit T_N ist hierbei der Zeitanteil, während dem das System mit vollem Leistungsvermögen arbeitet.

$$T_B = T_N + T_O + T_T + T_W \quad (2.1)$$

Die Technische Verfügbarkeit wird zwischen Kunde und Hersteller vielfach in Verträgen zur Festlegung des zu erfüllenden Leistungsvermögens von Anlagen oder Maschinen herangezogen. So müssen nach einer Analyse [107] 44% der Unternehmen Verfügbarkeitsgarantien beim Neugeschäft abgeben. In der VDI-Richtlinie 3423 ist diese Kenngröße festgelegt als der prozentuale Anteil an der Belegungszeit, für den ein System ohne technische Mängel der Produktion zur Verfügung steht. Die mathematische Berechnung der Technischen Verfügbarkeit V_T bzw. des identisch definierten Technischen Nutzungsgrades N_T erfolgt entsprechend der Beziehung:

$$V_T = N_T = 100\% - \left(\frac{T_T}{T_B} \cdot 100\% \right) = \left(1 - \frac{T_T}{T_B} \right) \cdot 100\% \quad (2.2)$$

Die zweite Kenngröße, der Gesamtnutzungsgrad N_G , gibt den prozentualen Anteil der Nutzungszeit zur Belegungszeit an. Im Gegensatz zur Technischen Verfügbarkeit werden hier zusätzlich zu den technischen Ausfallzeiten auch organisatorische und wartungsbedingte Zeitintervalle betrachtet. Der Gesamtnutzungsgrad gibt somit die Effektivität der Nutzung beim Kunden an, da er neben technischen zusätzlich noch umfelfbedingte Stillstandszeiten berücksichtigt.

$$N_G = \frac{T_N}{T_B} = \frac{T_B - T_O - T_T - T_W}{T_B} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{T_O + T_T + T_W}{T_B}\right) \cdot 100\% \quad (2.3)$$

In der Fachwelt werden häufig die Begriffe Mean Down Time (MDT) bzw. Mean Time To Repair (MTTR) für die nicht produktiven Zeiten, d.h. Stillstandszeiten und der Begriff Mean Time Between Failure (MTBF) für die mittlere stillstandsfreie Laufzeit verwendet. Der Kennwert MDT ist ein arithmetischer Mittelwert aus den einzelnen Ausfallzeiten beim Auftreten einer Störung im Betrachtungszeitraum. Analog dazu ist der Kennwert MTBF der arithmetische Mittelwert der Zeitabstände zwischen dem Auftreten von Störungen im Betrachtungszeitraum.

Durch die Nutzung der Potenziale der rechnergestützten Telediagnose kann in Verbindung mit der modernen Informations- und Kommunikationstechnologie, und hier insbesondere des Internets, ein entscheidender Beitrag zur signifikanten Steigerung der Technischen Verfügbarkeit und des Gesamtnutzungsgrades von global verteilten Produktionssystemen geleistet werden.

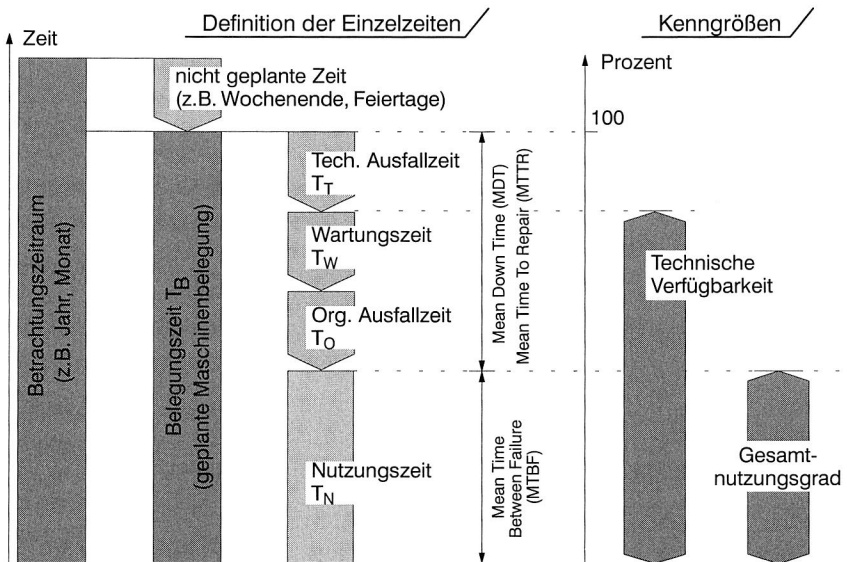


Bild 2-1: Strukturierung der Technischen Verfügbarkeit und des Gesamtnutzungsgrades nach VDI 3423

2.2 Neue Herausforderungen für den industriellen Teleservice durch Änderung der Randbedingungen

In den Märkten der Investitionsgüterindustrie sind aktuell tiefgreifende Veränderungen im Gange, die vollkommen neue Anforderungen an die Unternehmen mit sich bringen. Diese Veränderungen, die sowohl technologischer als auch wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Art sind, sollen nachfolgend mit ihren Auswirkungen auf die Hersteller von Produktionssystemen einer näheren Betrachtung unterzogen werden (Bild 2-2). Der Fokus liegt dabei auf den Möglichkeiten, die sich durch den Teleservice, mit seinen Ausprägungen beispielsweise in Form der Telediagnose oder des Teleengineering, zur Bewältigung der neuen Anforderungen für die Unternehmen bieten.

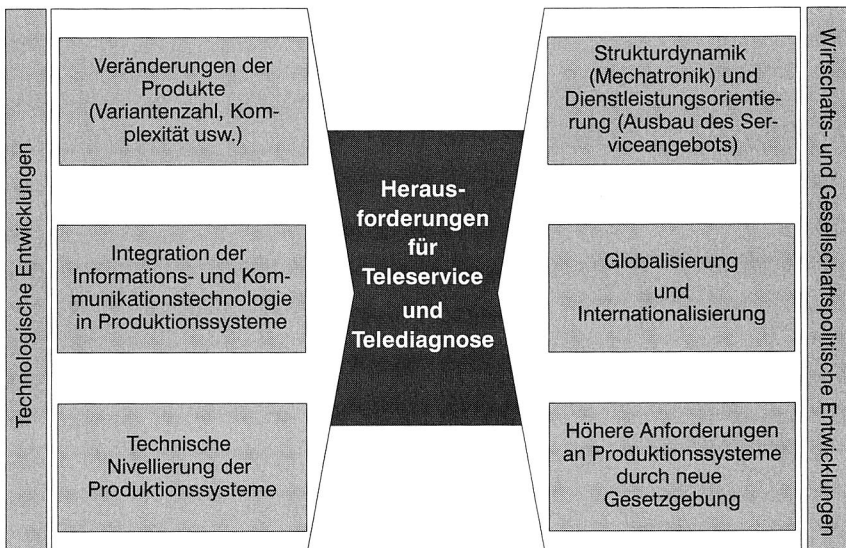


Bild 2-2: Veränderungen in den Randbedingungen der Investitionsgüterindustrie als Ursache für den Bedeutungsanstieg des Teleservice (in Anlehnung an [19])

2.2.1 Allgemeine technische Entwicklungen

Veränderungen der Produkte

Die Zunahme der globalen Konkurrenz und der damit verbundene steigende Marktdruck sowie der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt, führen zu grundlegenden Veränderungen bei den Produkten. Die wesentlichen Aspekte betreffen die zunehmende Variantenzahl und Komplexität sowie die kürzere Marktpräsenzzeit. Somit wird den individuellen Bedürfnissen der Kunden und deren Forderung nach neuen, permanent mit aktueller Technik ausgestatteten Produkten Rechnung getragen.

Die genannten Veränderungen erfordern auf der einen Seite deutlich kürzere Produktentwicklungsprozesse, erzielbar durch eine Parallelisierung der Arbeitsabläufe mit Strategien wie dem Simultaneous Engineering und der Kooperation mit Zulieferern bereits in der Entwicklungsphase. Auf der anderen Seite sind zur Herstellung komplexer Produkte in geringer Stück- und hoher Variantenzahl entsprechend flexibel ausgelegte Produktionssysteme erforderlich, die aufgrund der Anforderungen selbst einen hohen Komplexitätsgrad besitzen. Die schwierige Bedienung der Systeme, die aufwendigen Prozesse und die komplizierten Fehlerbilder bieten ein enormes Potenzial für die Beratung, Schulung und Unterstützung der Anwender bei der Inbetriebnahme, der Fehlerdiagnose und der Prozesseinstellung. Dies und die Methoden zur Entwicklungszeitverkürzung sind die ideale Basis zur Nutzung von Telediensten.

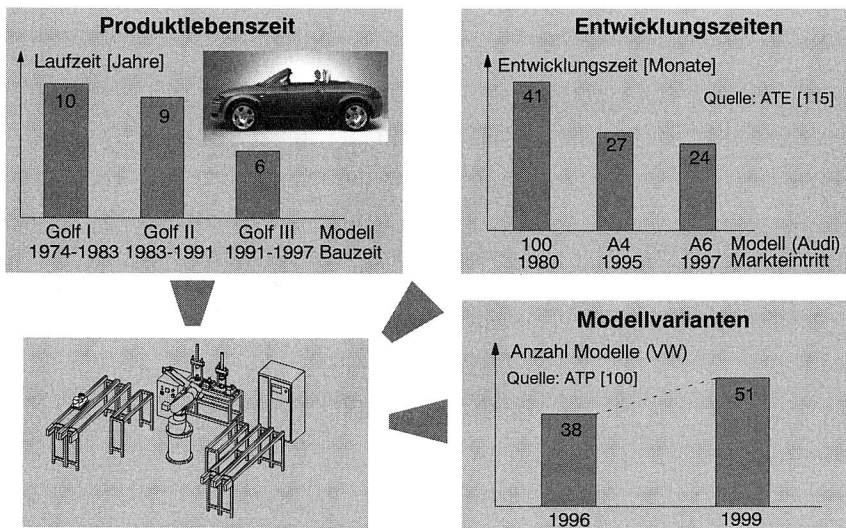


Bild 2-3: Wandel in den produktbezogenen Randbedingungen erfordert flexiblere Produktionssysteme

Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)

In einer dienstleistungsorientierten Industrie [17] wird der schnelle und umfassende Austausch aktueller Informationen zu einem Schlüsselfaktor für den wirtschaftlichen Erfolg. Durch den Einzug PC-basierter Steuerungstechnik in die Produktionssysteme wurde deren problemlose Anbindung an Kommunikationsnetze und somit der integrierte, umfassende Informationsaustausch erst ermöglicht, denn die PC-Technologie gestattet es, in den Maschinen preiswerte und standardisierte Komponenten, wie sie aus dem Office-Bereich bekannt sind, zum Einsatz zu bringen. So können beispielsweise handelsübliche Modems oder Ethernet-Karten integriert und eine Ankoppelung an Kommunikationsnetze, wie das öffentliche Telefonnetz oder das LAN (Local Area

Network), realisiert werden. Somit lassen sich völlig neue Potenziale für eine Betreuung der Maschinen aus der Ferne erschließen. Die Integration der Informations- und Kommunikationstechnologie in die Produktionssysteme bildet daher die Grundlage für die Erbringung aller Teledienstleistungen in der Produktionstechnik.

Erweiterung des Leistungsangebotes bei Produktionssystemen

Neue Technologien – in diesem Zusammenhang werden hierunter neue Produkte, Produktionsverfahren und Werkstoffe verstanden – waren bis vor 10-15 Jahren noch wesentliche Wettbewerbsfaktoren zur Abgrenzung gegenüber Konkurrenten [35]. Nach Meinung von Experten geht gegenwärtig von diesen Technologien nur noch eine eingeschränkte Wirkungskraft zur Profilierung aus, was in zwei wesentlichen Ursachen begründet ist. Auf der einen Seite befinden sich heutzutage die Produkte in einigen Bereichen auf einem ausgesprochen hohen Niveau, so dass das Entwicklungspotenzial bereits ausgereizt ist. Auf der anderen Seite nähern sich viele Produkte in ihrem technischen Niveau immer mehr an, so dass eine sogenannte "Nivellierung der Produkte" die Folge ist. Für die europäischen und amerikanischen Hersteller von HighTech-Produkten erwachsen zudem verstärkt Wettbewerber aus dem asiatischen Raum, die technisch ebenso hochentwickelte Produkte anbieten können, allerdings zu einem deutlich geringeren Preis. [19]

Die Strategie für die deutschen Hersteller von Produktionssystemen, diesen Entwicklungen aktiv entgegenzutreten, liegt in der Erweiterung der reinen Technologie, um die ganzheitliche Betreuung der Systeme durch entsprechende Dienstleistungen. Im besonderen der Teleservice bietet in diesem Bereich ein hervorragendes Potenzial. Denn eine Kopie der durch diese Dienstleistung zur Verfügung gestellten immateriellen Leistungen und den sich daraus entwickelnden Werten, wie z.B. Vertrauen, ist durch Konkurrenten fast vollkommen auszuschließen [13][19]. Gestützt wird diese Strategie durch eine Umfrage des VDMA [88] (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) aus dem Jahr 1994, in der 70% der befragten Systembranchen angaben, die Informationstechnik zur stärkeren Differenzierung gegenüber Wettbewerbern zu nutzen.

2.2.2 Veränderte wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Aspekte

Strukturverschiebungen und Dienstleistungsorientierung

In Deutschland ist in den letzten Jahren ein deutlicher, sich zunehmend stärker ausprägender Trend hin zur Dienstleistung zu erkennen. Diese Entwicklung ist sowohl in den klassischen Dienstleistungsbranchen gegeben als auch bei den ursprünglich auf diesem Gebiet nicht oder kaum tätigen Unternehmen. Besonders die Investitionsgüterindustrie bemüht sich zunehmend um die Übernahme von Dienstleistungsfunktionen. Der Vorstandsvorsitzende der Siemens AG, Heinrich von Pierer, nannte auf einer Tagung der IHK Nürnberg (Industrie- und Handelskammer) im Jahr 1999 einen Zielwert von über 50% des Umsatzes, der zukünftig in seinem Unternehmen durch die Erbrin-

gung von Dienstleistungen erwirtschaftet werden soll [120]. In [64] wird eine Untersuchung dargestellt, in der 23 % der Maschinenhersteller angeben, ihr Dienstleistungsangebot noch erweitern zu wollen, weil sie darin einen strategischen Ansatz zur Erzielung zusätzlicher Konkurrenzvorteile sehen.

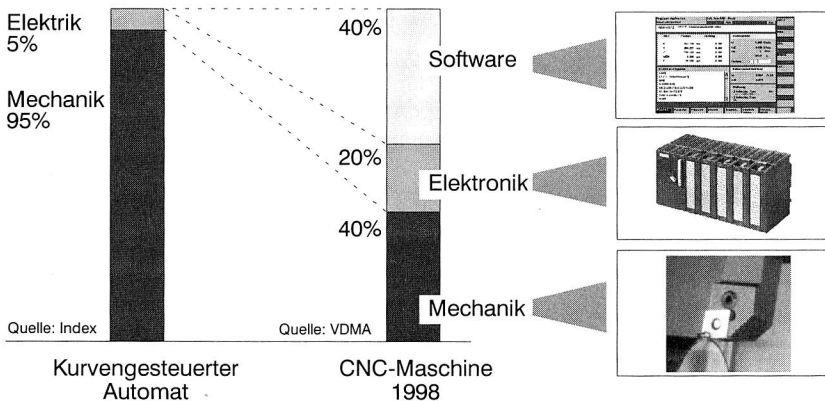


Bild 2-4: Verschiebung der mechatronischen Anteile in Werkzeugmaschinen

Die zunehmende Verschiebung des Hardwareanteils hin zum Elektronik- und Softwareanteil ist ebenfalls ein sehr deutliches Zeichen für den Strukturwandel in der Branche [19]. Nach einer Analyse des VDMA [91] hat sich der ursprünglich fast 100 %-ige mechanische Anteil an Werkzeugmaschinen auf ca. 40 % reduziert, während hingegen der Elektronikanteil auf 20 % und der Softwareanteil auf 40 % gestiegen sind (Bild 2-4). Dies hat erhebliche Konsequenzen für die Komplexität der Maschine, die in den Komponenten und in der Vernetzung stark angestiegen ist. Besonders die Servicedisziplinen, wie Inbetriebnahme, Wartung und Diagnose, erfordern Spezialisten aus den einzelnen Fachbereichen, die durch den Teleservice zeitgleich eingesetzt und bezüglich ihrer Arbeitszeit, aufgrund geringerer Reisetätigkeit, optimal genutzt werden können.

Globalisierung und Internationalisierung

Die hohen Standortkosten in Deutschland sowie die Notwendigkeit zur kundennahen Produktion zwingen Unternehmen zum Aufbau von Produktionsstätten im Ausland. Durch die weltweit verfügbaren Datennetze und die weitgehend einheitlichen Kommunikationsstandards kann die Planung und Steuerung der räumlich verteilten Produktion vorgenommen werden. [121]

In dieser Internationalisierung der Produktion fällt dem Teleservice eine bedeutende Rolle zu. Auf der einen Seite durch die unternehmensinterne Nutzung der Teledienste, wie beispielsweise die Fehlerdiagnose an Maschinen oder die Schulung der Mitarbeiter in den verschiedenen Standorten. Auf der anderen Seite sind die Anbieter der Investitionsgüter dahingehend gefordert, ihre Produkte auch in den Regionen anzubie-

ten, in denen die verlagerten Standorte der Kunden sind. Die Erbringung der dazugehörigen Dienstleistungen kann auf Grundlage der IuK-Technologie in Form eines unternehmensübergreifenden Teleservice vorgenommen werden.

Gesetzgebung

Von Seiten des Gesetzgebers werden, durch neue Gesetze, Richtlinien und Verordnungen, die Anforderungen an die Investitionsgüter erhöht [19]. Dies ist vor allem in den westlichen Industrienationen der Fall, aber zunehmend nimmt diesbezüglich die Sensibilität auch in anderen Ländern zu. Die Vorschriften betreffen die Sicherheit der Maschinen, die Wartung, den Umweltschutz sowie das Recycling. Zur Erfüllung dieser gesetzlichen Forderungen kann der Teleservice beitragen, indem der Hersteller per Datenleitung den Anwender bei der Durchführung der Arbeiten kompetent unterstützt.

Die in diesem Abschnitt aufgezeigten technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Aspekte sind die ausschlaggebenden Gründe, die den Einsatz des Teleservice und der Telediagnose in der Produktion unbedingt erforderlich machen.

2.3 Begriffliche Eingrenzung und Einsatzpotenziale der Telediagnose

Abgrenzung der Begriffe

Die Begriffe des Teleservice und der Telediagnose sind bezüglich ihrer funktionalen Inhalte und der technischen Ausführung nicht eindeutig definiert, so dass sie in Industrie und Forschung für unterschiedliche Anwendungen mit teilweise differenziertem Leistungsvermögen eingesetzt werden.

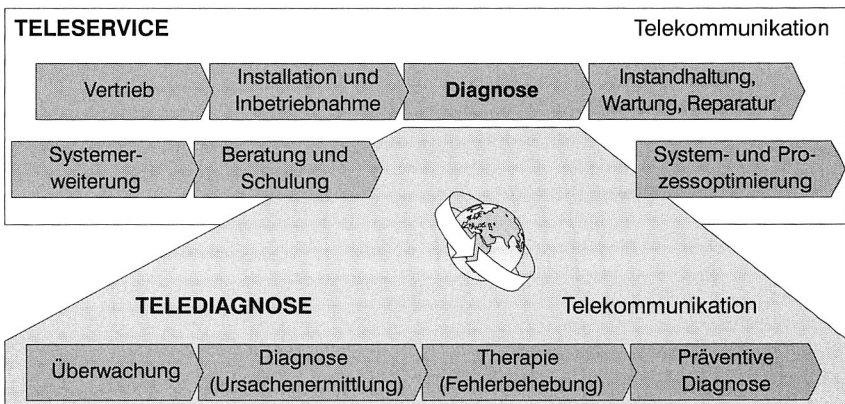


Bild 2-5: Inhaltliche Definition und Abgrenzung der Aufgabengebiete des Teleservice und der Telediagnose

Im Rahmen dieser Arbeit werden unter dem Begriff des Teleservice alle Service- bzw. Dienstleistungen an Investitionsgütern (Maschinen, Anlagen, Hard- und Software) verstanden, die dem Kunden gegenüber auf der technischen Grundlage der Informations- und Kommunikationstechnologie erbracht werden. Die Aufgaben erstrecken sich dabei vom Vertrieb über die Installation und Inbetriebnahme bis zu Leistungen die während des Betriebs der Produktionssysteme verrichtet werden. Der Teleservice kann demzufolge als eine Unterstützung konventioneller Serviceleistungen verstanden werden, wobei er diese in Teilbereichen oder vollständig substituieren kann.

Die Telediagnose ist das wichtigste Aufgabengebiet und der Anwendungsschwerpunkt im Teleservice. Sie wird inhaltlich definiert als die telekommunikative Unterstützung der klassischen Diagnose. Aus technischer Sicht betrachtet, ist die Telediagnose die automatische Erfassung von Maschinen- und Prozessdaten der Investitionsgüter des Anwenders, und deren anschließende Weiterleitung über Telekommunikationsnetze zur Auswertung an die Servicezentrale des Hersteller (Bild 2-6). Der Mensch bleibt in diesem Szenario der zentrale und wesentliche Faktor in der Diagnosekette [53]. Zur Charakterisierung des Status einer Anlage werden sowohl Sensor- und Signaldaten als auch Steuerungsparameter oder NC-Programme (Numerical Control) herangezogen. Eine detaillierte Strukturierung der technischen Konzepte zur Telediagnose ist in Kapitel 2.6.1 zu finden.

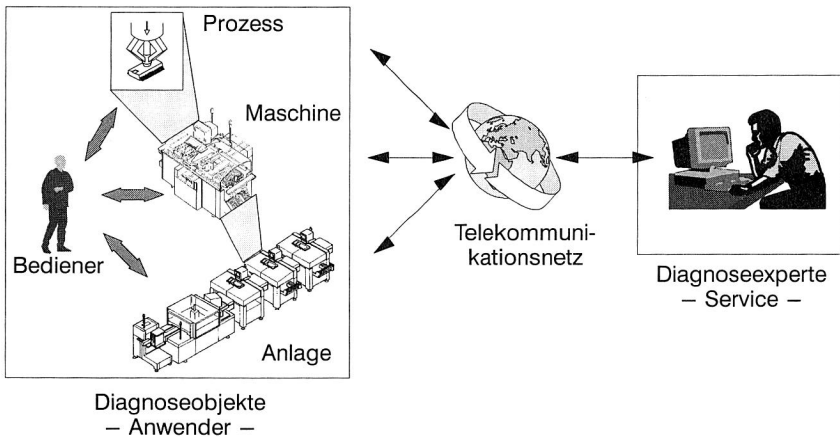


Bild 2-6: Technische Strukturierung der Telediagnose

Durch die Visualisierung dieser Informationen wird der Experte in der Servicezentrale des Herstellers in die Lage versetzt, sich ein Bild von der Situation beim Anwender vor Ort zu machen und kann auf dieser Basis vielfach bereits Rückschlüsse auf Fehlerursachen ziehen. Dies bedeutet, dass bei einfachen Problemstellungen direkt Maßnahmen zur Störfallbeseitigung ergriffen werden können oder es kann zumindest eine Eingrenzung der Fehlerursache erfolgen, so dass der fachlich entsprechend ausgebildete Servicetechniker mit den notwendigen Ersatzteilen entsandt werden kann. (Bild 2-7)

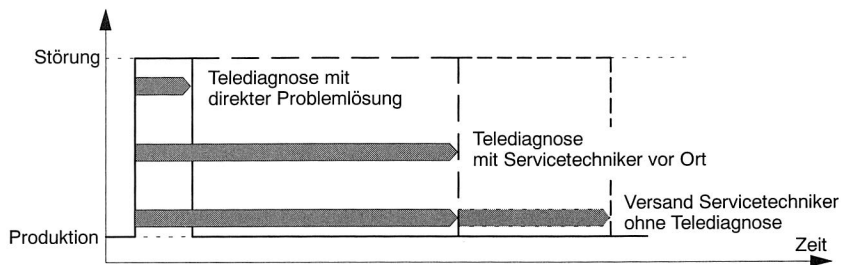


Bild 2-7: Zeithorizonte bei der Diagnose ohne und mit Telediagnoseunterstützung

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Unterstützung des Kunden durch einen reinen Telefonsupport, eine sogenannte Hotline, nicht als Teleservice bzw. Telediagnose verstanden [53]. Auch die alleinige Bereitstellung von service- bzw. diagnosebezogenen Unterlagen durch den Hersteller auf einem Server, beispielsweise im Internet, wird nicht unter diesen Begriffen eingeordnet.

Internationale Studien und Entwicklungstrends im Teleservice

Die folgenden Ausführungen diskutieren verschiedene nationale und internationale Marktuntersuchungen zum Thema Teleservice in der Produktion, welche die bisherige Entwicklung dieser Technologie darstellen und die sich eröffnenden Perspektiven aufzeigen. Da die Telediagnose die wichtigste und häufigste Anwendung im Teleservice ist, lassen sich die Ergebnisse hierauf übertragen.

Eine Studie [54] in der deutschen Investitionsgüterindustrie ergab, dass durchschnittlich 24 % der befragten Unternehmen Maschinen oder Anlagen einsetzen, die vom Hersteller mittels Teleservice betreut werden. Die detailliertere Angabe der Nutzerquoten, mit der Aufspaltung in die einzelnen Branchen, ist in Bild 2-8 dargestellt.

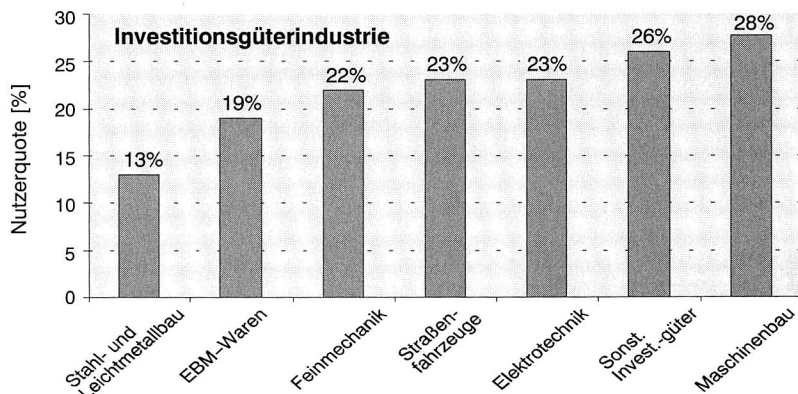


Bild 2-8: Nutzerquote des Teleservice in der Investitionsgüterindustrie (Quelle: [53])

Der deutsche Maschinenbau besitzt mit 28 % die höchste Quote bei der Nutzung von Teleservice [54]. Eine nähere Aufschlüsselung des Einsatzes auf die einzelnen Felder des Maschinenbaus lässt eine erhebliche Spannweite erkennen. Besonders im Bereich der Textilmaschinen und der Hütteneinrichtungen haben die Betreiber mit 36 % bzw. 41 % bereits in umfangreichem Maße als Kunden Erfahrungen mit dem Einsatz von Teleservice gesammelt [54]. Die ausschlaggebenden Ursachen hierfür dürften in der Komplexität der Anlagen und den extrem hohen Ausfallkosten begründet sein.

Zur Abschätzung des zukünftigen Potenzials des Teleservice, muss diese Technologie im Zusammenhang mit der Entwicklung und Verbreitung ähnlich gelagerter Innovationen gesehen werden (Bild 2-9). Die Übertragung kaufmännischer Daten via EDI (Electronic Data Interchange) und der direkte Austausch von Produktionsdaten zwischen Hersteller und Zulieferer stellen, ebenso wie der Teleservice, eine datentechnische Vernetzung zwischen verschiedenen Unternehmen dar. Die PPS-Materialwirtschaft (Produktionsplanungs- und Steuerungssystem) besitzt hingegen keine Verbindung zu externen Stellen. Unter der Annahme eines S-förmigen Verlaufes der Nutzerquoten, befinden sich die externen rechnergestützten Verfahren gerade im Übergangsbereich von der Pilotanwendung zur Phase der beschleunigten Verbreitung, in der sich die PPS-Materialwirtschaft bereits befindet. [53]

Nutzerquote [%]

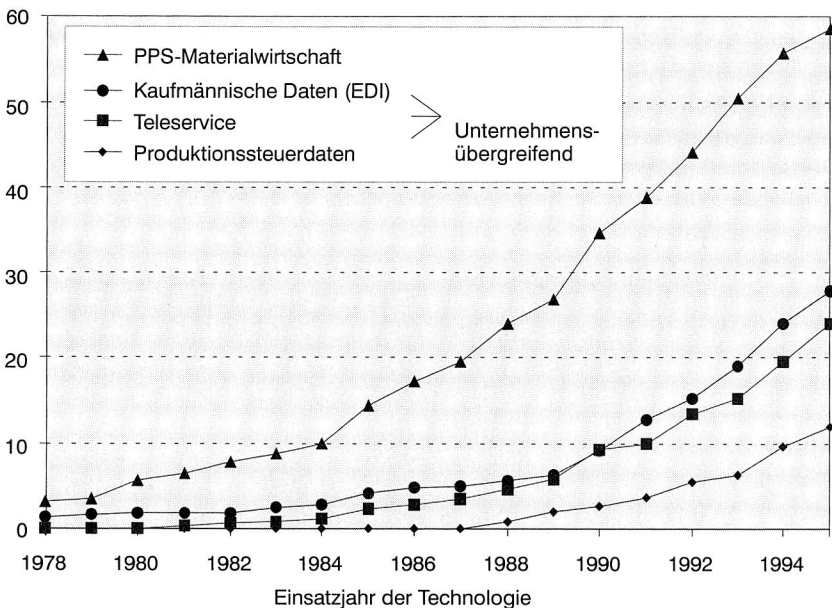


Bild 2-9: Entwicklung der Nutzerquote des Teleservice im Vergleich zu anderen rechnergestützten Technologien (Quelle: [53])

Die Betrachtung der Entwicklung des Teleservice, ausgehend von der ersten Stichprobe 1977 bis zum Jahr 1995 zeigt, dass die Anzahl der Nutzer in diesem Zeitraum jährlich um ca. 30 % angestiegen ist. Wird der S-förmige Verlauf zugrunde gelegt, so können in den nächsten Jahren noch höhere Steigerungsraten prognostiziert werden.

Ein weiteres Indiz für das Potenzial des Teleservice liefert eine Befragung [53] der Hersteller und Kunden von Investitionsgütern, bezüglich deren zukünftig geplanter Vorhaben (Bild 2-10). Ein Viertel der derzeitigen Nutzer bei den Kunden wird einen weiteren Ausbau der bestehenden Dienste vornehmen und 13 % der Nichtnutzer planen den Ersteinsatz. Bei den Herstellern wollen sämtliche Unternehmen mit Teleserviceerfahrung diese Dienstleistung bezüglich der Anzahl der betreuten Kunden und der Funktionalität erweitern [53].

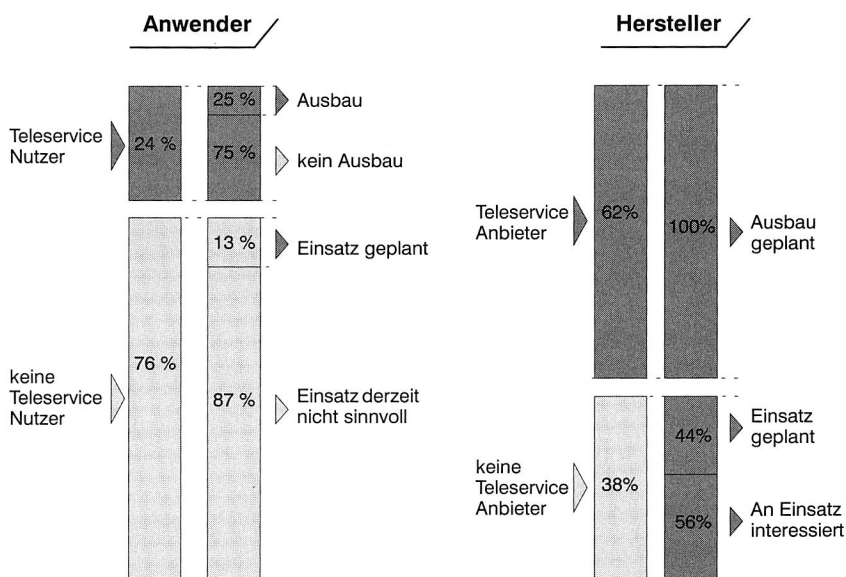


Bild 2-10: Einsatzquote und Entwicklungspotenzial des Teleservice auf der Seite der Anwender und der Hersteller (Quellen: [53][54])

Im Rahmen einer internationalen Untersuchung [54] wurden der Einsatz und die Entwicklungstendenzen des Teleservice im Ausland erarbeitet, um einen Vergleich mit der Situation in Deutschland ziehen zu können. Zur Begrenzung des Umfanges der Studie erfolgte eine Konzentration auf die bedeutende Branche des Werkzeugmaschinenbaus und auf drei ausgewählte Länder.

Die Untersuchung in Japan [54], ausgewählt als größter Werkzeugmaschinenhersteller und wichtigster Wettbewerber, ermittelte, dass der Teleservice im Land derzeit nur eine geringe Verbreitung besitzt. Sogar bei den Herstellern die diese Dienstleistung

anbieten, liegt der Anteil der Kunden, der diese Technik nutzt, nur bei etwa 5 %. Die Ursachen hierfür sind vielschichtig. Ein Grund ist, dass bei den Kunden Akzeptanzprobleme vorhanden sind, da der Nutzen nicht offensichtlich ist, was in dem derzeit sehr umfassenden konventionellen 24-Stunden-Service begründet ist. Darüber hinaus gibt es in Japan eine sehr starke Dominanz des Herstellers FANUC bei NC-Steuerungen, der seine Produkte erst in letzter Zeit teleservicefähig (PC-basierte Steuerungstechnik) auslegt. In Zukunft sieht die Studie allerdings ein großes Potenzial für den Teleservice, da einerseits verstärkt die entsprechende Steuerungstechnik auf den Markt kommt und andererseits erwartet wird, dass sich diese Dienstleistung mittelfristig zu einem Standardangebot entwickelt. Es wurde erkannt, dass sich der Service zu einem profitablen Geschäftszweig entwickelt, mit dem zukünftig mehr Gewinn als mit den Produkten selbst zu erzielen ist. Auch im Einsatz des Internets werden große Potenziale gesehen, als Ersatz für die teuren konventionellen Kommunikationssysteme.

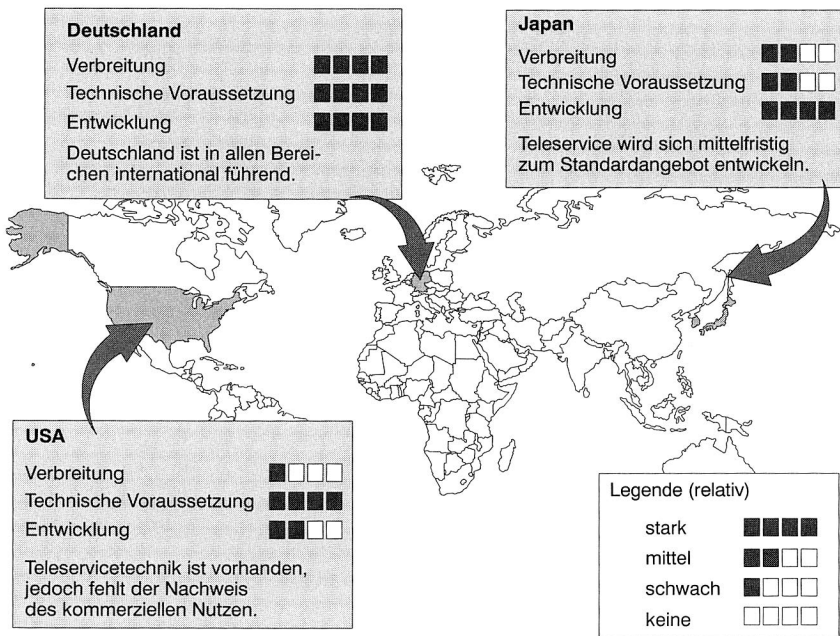


Bild 2-11: Internationale Verbreitung und Entwicklung des Teleservice und der Telediagnose (Quelle: [53])

Die Auswahl der USA beruht auf ihrer Rolle als wichtigster Produzent und Markt. Die Studie [54] zeigt, dass im Werkzeugmaschinenbereich erste Teleservicegeräte zwar schon in den 80er Jahren eingeführt wurden, allerdings ist die derzeitige Verbreitung dieser Technologie nur gering. Beispielsweise hatte Giddings & Lewis, ein führender Werkzeugmaschinenhersteller, Teleservice bereits vor 15 Jahren im Angebot, diesen

Dienst aber aufgrund mangelnder Nachfrage wieder vom Markt genommen. Die Kunden können den ökonomischen Nutzen des Teleservice nicht erkennen, auch fehlen entsprechende Vermarktungskonzepte. Darüber hinaus verfügen größere Unternehmen im Regelfall über eigenes, qualifiziertes Servicepersonal, so dass keine Notwendigkeit zur Unterstützung durch den Hersteller besteht. Weitere Barrieren sind die fehlenden offiziellen Standards und der aktuelle Bestand an nicht teleservicefähigen Maschinen. Die zunehmende Komplexität der Werkzeugmaschinen wird aber auch in den USA einen Trend zur Fernbetreuung einleiten, der bereits erkennbar ist, allerdings wird nur mit einer langsamen Verbreitung gerechnet. Die technischen Voraussetzungen sind positiv zu beurteilen, da alle zukünftigen Maschinen teleservicefähig sein werden und die Telekommunikationsinfrastruktur sehr gut ausgebaut und preiswert ist. Ein entscheidender Schub könnte auch von einer fundierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausgehen, die den ökonomischen Nutzen des Teleservice aufzeigen würde.

Das Bild 2-11 zeigt eine Zusammenfassung des internationalen Vergleiches bezüglich der aktuellen und zukünftigen Situation im Teleservice in den betrachteten Ländern. Die genannten Studien sehen eine stark zunehmende Bedeutung des Teleservice in den exportorientierten Ländern Deutschland und Japan voraus, hin zu einem Standardangebot. Nur in den USA wird die Situation kritisch beurteilt, da hier die Entwicklungsgeschwindigkeit, noch mehr als in den anderen Regionen, vom Nachweis des wirtschaftlichen Nutzen abhängig ist. Die Untersuchungen zeigen auch deutlich, dass standardisierte Schnittstellen, leistungsfähige Werkzeuge und moderne Kommunikationstechniken gefordert werden, die mit den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Telediagnosesystem realisiert bzw. genutzt werden.

2.4 Rahmenbedingungen beim Einsatz der Telediagnose

Organisatorische und personelle Aspekte

Von den Unternehmen ist die besondere Bedeutung der Telediagnose, als wichtigster Teil des Service, zur Sicherung und zum Ausbau der Marktposition bereits erkannt worden. Die Integration der Telediagnose als Servicebereich in die Organisationsstruktur eines Unternehmens erfordert Anpassungen, sowohl in der ablaforientierten Struktur der Leistungserbringung als auch in der aufbauorientierten Eingliederung.

In der Ablauforganisation ergeben sich neue Regeln bezüglich der Entgegennahme und der Abarbeitung von Störfällen, so müssen Unternehmen mit weltweit verteilten Kunden eine 24-Stunden Erreichbarkeit realisieren. Zur Erfüllung dieser Anforderungen können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Beispielsweise kann durch die weltweite Verteilung von Servicestützpunkten in verschiedenen Zeitzonen die Dienstleistung rund um die Uhr angeboten werden.

Unter aufbauorganisatorischen Aspekten betrachtet, kann die Einbindung der Telediagnose in das Unternehmen mit verschiedenen Modellen realisiert werden (Bild 2-12). Die Dienstleistung kann entweder direkt vom Werk oder indirekt über die Service-

niederlassungen erbracht werden. Zusätzlich ist eine Gliederung in eine zentrale und dezentrale Organisationsstruktur möglich. Bei der zentralen Form sind die Fachleute des Herstellers als Generalisten für die gesamte Technik der Maschinen zuständig und in einer Abteilung zusammengefasst. Bei der dezentralen Organisation wird nur die Infrastruktur von der Servicezentrale bereitgestellt, zur Problemlösung wird das Personal der entsprechenden Fachabteilungen herangezogen.

Der Vorteil der zentralen Organisationsform ist die geringe Belastung der Experten in den Fachabteilungen, da die Mehrzahl der Diagnosen von der Servicezentrale direkt gestellt werden kann. Der Erwerb des technischen Wissens zur Problemlösung und dessen permanente Aktualisierung erfordert allerdings einen hohen Zeit- und Kostenaufwand beim Personal. Erfahrungswerte aus der Kommunikationsindustrie belegen, dass etwa 26 % der jährlichen Nettoarbeitszeit für die Weiterbildung genutzt wird [14]. Bei der dezentralen Organisationsstruktur kann, durch den direkten Zugriff auf das Expertenwissen in seiner höchsten Form, eine optimale Diagnose ermöglicht werden. Ein weiterer Vorteil dieser Struktur ist, dass, durch die zunehmende Verknüpfung von Mechanik, Elektronik und Software in den Produkten, zur Problemlösung spezifisches Wissen benötigt wird, welches bei den Generalisten der zentralen Struktur vielfach nicht im erforderlichen Umfang vorhanden ist.

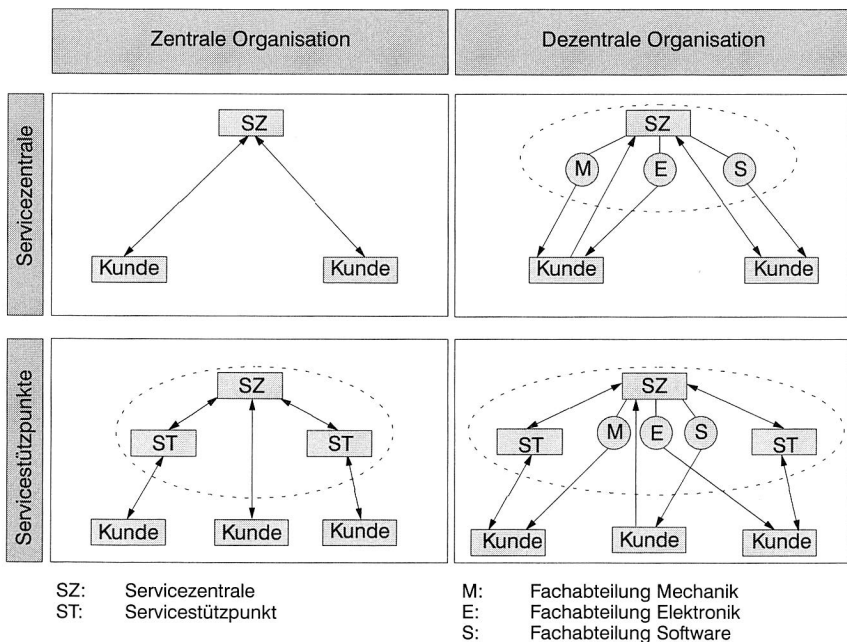


Bild 2-12: Möglichkeiten zur aufbauorganisatorischen Einbettung der Telediagnose in das Unternehmen

Technische Betrachtungsweise

Die technischen Voraussetzungen für den Einsatz eines Telediagnosesystems betreffen die Auslegung der Maschine bzw. Steuerung ("Design for Teleservice"), die Telekommunikationsinfrastruktur und die rechnergestützte Informations- bzw. Dokumentenbereitstellung. [53]

Zum Aufbau flexibler Telediagnosesysteme sollten bereits bei der Konstruktion der Maschinen die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen werden, so dass teure und technisch aufwendige Nachrüstungen entfallen können [53]. Der entscheidende Punkt liegt im Einsatz von PC-basierten Steuerungen mit dem damit verbundenen Konzept der Offenheit, was die einfache Integration zusätzlicher Komponenten ermöglicht. Es sind dies vor allem Schnittstellen zur Erfassung diagnoserelevanter Daten, Kommunikationshard- und -software zur informationstechnischen Anbindung der Maschinen an Datennetze, sowie multimediale Werkzeuge. Eine detaillierte Beschreibung der technischen Konzepte zur Telediagnose ist in Kapitel 2.6 zu finden.

Die Basis der Telediagnose ist die Übertragung von Daten zwischen der Maschine und der Servicezentrale beim Hersteller über die weltweiten Telekommunikationsnetze. Die einzelnen Netze mit ihren spezifischen Eigenschaften und Einsatzgebieten werden in Kapitel 2.6.2 dargestellt und bewertet.

Die rechnergestützte Bereitstellung diagnoserelevanter Informationen in elektronischer Form stellt derzeit noch ein erhebliches Defizit dar. Diese Dokumente können z.B. Maschinenbeschreibungen, Konstruktionszeichnungen oder Fehlerbehebungsmaßnahmen in multimedialer Form enthalten. Solche Informationen müssen permanent und aktuell für die Serviceexperten und Kunden weltweit zur Verfügung stehen.

Sicherheit und rechtliche Aspekte

Im Zusammenhang mit der Telediagnose spielen rechtliche Fragestellungen gegenwärtig eine noch untergeordnete Rolle, werden allerdings in Zukunft von großer Bedeutung sein. Derzeit wird die Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Anwender noch pragmatisch geregelt, auf der Basis langjähriger Beziehungen und eines entsprechenden Vertrauensverhältnisses. Auf den Gebieten der Haftung und der Datensicherheit bestehen allerdings Defizite, die einer Klärung bedürfen. [53]

Die Gewährleistung der Sicherheit, der bei der Telediagnose übertragenen Daten, ist für die Kunden von immenser Bedeutung. Momentan ist dieser Punkt ein ausgesprochen großes Hemmnis bei der Einführung dieser Dienstleistung. Die Kunden wollen keinen Zugriff auf unternehmensinterne Rechner erlauben, da Befürchtungen bestehen, Außenstehende könnten auf diesem Weg an interne Daten gelangen. Obwohl eine sichere Datenübertragung gefordert wird, werden entsprechende Maßnahmen vielfach nicht angewandt [53], so erfolgt normalerweise keine Verschlüsselung der Daten.

Die Haftungsfrage beim Auftreten von Schäden im Rahmen einer Telediagnose ist ebenfalls noch ungeklärt. Der Kunde geht bisher davon aus, dass der Hersteller hierfür

verantwortlich ist [53]. Besonders kritisch ist die Fernsteuerung von Maschinen, bei der mechanische Teile bewegt oder Fertigungsprozesse angestoßen werden können. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist dies grundsätzlich nicht zu empfehlen, und bei bestehenden Telediagnoselösungen üblicherweise nicht realisiert.

Entsprechende Regelungen zur Datensicherheit und zu rechtlichen Aspekten sollten in einem Teleservice/Telediagnose-Vertrag festgelegt werden, so dass für beide Vertragspartner eine Absicherung der Zusammenarbeit vorhanden ist.

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Eine differenzierte Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Telediagnose ist derzeit vielfach noch nicht gegeben. Das ökonomische Potenzial lässt sich allerdings am Beispiel des Holzbearbeitungsmaschinenherstellers Homag aufzeigen. Das Unternehmen, mit einem Exportanteil von 70 Prozent, garantiert seinen Kunden eine 24-Stunden-Erreichbarkeit über Mobilfunktelefon. Eingesetzt wird eine Telediagnoselösung, bei der Daten aus der Steuerung des Kunden übertragen werden und das Problem zusätzlich telefonisch beschrieben wird. In Bild 2-13 sind die telediagnosebezogenen Daten der Firma Homag dargestellt, wobei das Jahr 1990, der erste Einsatz dieser Technologie, und das Jahr 1995 gegenübergestellt werden. Es ist deutlich erkennbar, dass sich die Telediagnose sehr rasant entwickelt hat. Bei den eingesetzten Modems und den betreuten Maschinen gab es eine Steigerungsrate von ca. 700 Prozent. Die Anzahl der mit telekommunikativer Unterstützung durchgeführten Diagnosen stieg im gleichen Zeitraum noch viel deutlicher an, etwa um 1500 Prozent, was die zunehmende Akzeptanz der Technik verdeutlicht. Auch wirtschaftlich betrachtet entwickelte sich die Dienstleistung zum Erfolg, zusätzlich zum materiell nicht anzugebenden Vorteil der Steigerung der Kundenzufriedenheit. So waren 1990 noch keine Erlöse vorhanden. Innerhalb von fünf Jahren stiegen die aus dem Einsatz der Telediagnose resultierenden Einnahmen auf über 600000 DM an, bei einer gleichzeitigen Verdreifachung der Zahl der Mitarbeiter in diesem Bereich. [53]

Eine verursachergerechte Verrechnung der durch die Telediagnose erbrachten Leistungen existiert bei vielen Anbietern nicht, weder bezüglich der unternehmensinternen noch der unternehmensexternen Rechnungsstellung. Dies führt bei dem Anbieter zu hohen, pauschalen Gemeinkostenzuschlägen und zu Widersprüchen bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Dienstleistung. Auch beim Kunden hat die nicht vorhandene Transparenz in den Leistungen der Telediagnose Akzeptanzprobleme zur Folge, da für ihn die Arbeitsleistung des Experten beim Hersteller meistens nicht direkt sichtbar und somit schwer nachvollziehbar ist. [54]

Zur Erzielung der Kostentransparenz und als Grundlage für die Leistungsverrechnung ist deshalb ein entsprechender Telediagnose-Vertrag erforderlich, der die einzelnen Leistungen der Vertragspartner und die zugehörigen Kosten regelt. Eine Arbeitsgruppe des VDMA ist derzeit mit der Ausarbeitung eines Grundkonzeptes für einen solchen Vertrag beschäftigt. Schwerpunkte sind die präzise Beschreibung der durch den Teleservice bzw. der Telediagnose erbrachten Leistungen sowie die entsprechen-

den Leistungsmodalitäten. Ein weiterer Aspekt ist die vertragliche Festlegung des Datenschutzes. [90]

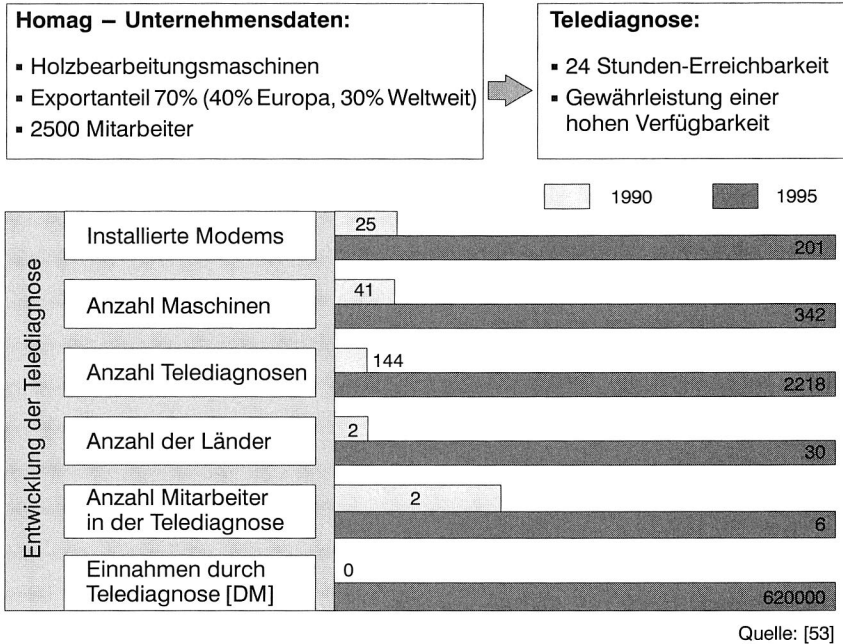


Bild 2-13: Technische und wirtschaftliche Entwicklung der Telediagnose am Beispiel des Unternehmens Homag

2.5 Strategische Bedeutung der Telediagnose für die Anwendergruppen

Der Einsatz von Telediagnosesystemen bietet allen beteiligten Anwendergruppen, dem Hersteller der Investitionsgüter [52][131] und dessen Zulieferer als Anbieter sowie dem Kunden als Nutzer der Dienstleistung, ein vielfältiges Spektrum an Vorteilen mit strategischer Bedeutung.

Für den Hersteller ist die Kundenzufriedenheit zu einem konkurrenzfähigen Marktpreis ein entscheidender Fokus seiner unternehmerischen Ausrichtung. Der Einsatz der Telediagnose ermöglicht eine schnelle und effektive Betreuung des Kunden bei Problemen in der Produktion, durch die Bereitstellung von spezifischem Expertenwissen. Somit wird auch der Betrieb komplexer, hochpreisiger Anlagen möglich. Vor allem weltweit operierende Unternehmen, mit einem hohen Exportanteil, haben die Notwendigkeit der Beschleunigung der konventionellen Störungsbehebung durch die Telediagnose bereits erkannt.

Die Servicekosten können bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Servicequalität mittels Telediagnose deutlich gesenkt werden. Insbesondere bei Auslandseinsätzen, aber auch im Inland, verursachen die Reisezeiten und die Personalkosten der Servicetechniker einen immensen Aufwand. Die hierdurch entstehenden Kosten lassen sich fast vollständig vermeiden, falls durch die Telediagnose eine direkte Störungsbehebung erfolgen kann. Ist dies nicht möglich, so kann zumindest eine Eingrenzung der Fehlerursache erfolgen, so dass der entsprechend ausgebildete Servicetechniker mit den notwendigen Ersatzteilen ausgesandt wird. Eine Schätzung [53] geht davon aus, dass die Servicekosten durch Telediagnose um etwa 20 bis 30 Prozent reduziert werden können. Darüber hinaus ergibt sich ein nicht monetär ausdrückbarer Nutzen durch den Rückfluss von Wissen aus dem Feldeinsatz der Maschinen [53]. Diese Informationen können einerseits präventiv zur Fehlervermeidung genutzt werden. Andererseits liefern sie der Entwicklung wertvolle Daten über Schwachstellen bestehender Maschinengenerationen, die zu konstruktiven Änderungen bei den aktuellen Systemen führen oder in die Entwicklung von Nachfolgeeinheiten einfließen können.

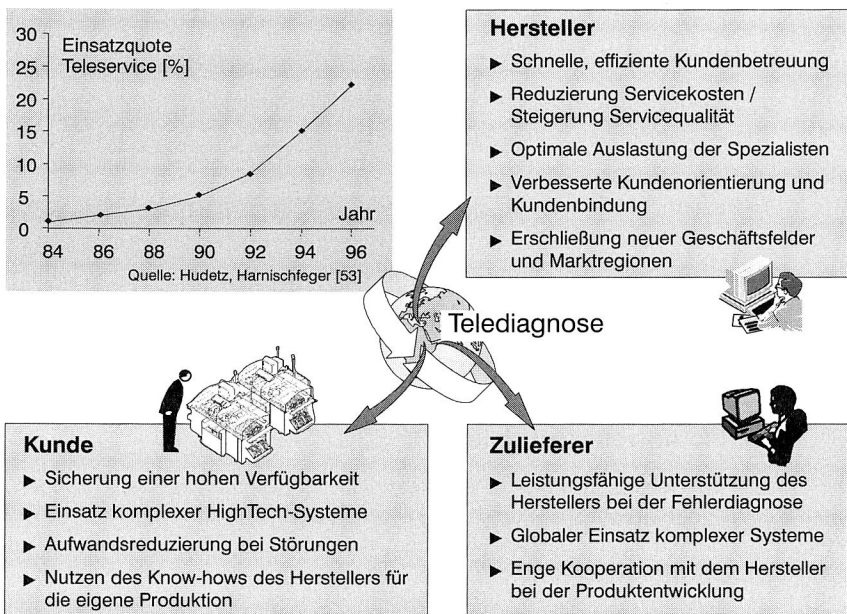


Bild 2-14: Einsatzquote und Nutzenpotenziale der Telediagnose für die Anwendergruppen [28]

Die Komplexität der Maschinen setzt zur Fehlerdiagnose das Expertenwissen eines oder mehrerer Spezialisten voraus. Diese sind allerdings im Unternehmen nur in begrenzter Zahl verfügbar. Falls eine dieser Personen zur Störungsbehebung verreist ist, ist sie nicht mehr für andere Kunden verfügbar [136] und fehlt zudem in ihrer eigentli-

chen Position, die vielfach im Entwicklungsbereich angesiedelt ist. Mit der Telediagnose lässt sich eine optimale Nutzung der Kapazitäten der Spezialisten erzielen, da diese von ihrem eigentlichen Arbeitsplatz aus agieren können.

In der Investitionsgüterindustrie stagniert das reine Produktgeschäft. Durch zusätzliche Dienstleistungen, wie die Telediagnose, lassen sich neue Geschäftsfelder erschließen, die zu einer deutlichen Steigerung des Umsatzes beitragen können. Die Telediagnose ermöglicht es auch völlig neue Absatzmärkte zu eröffnen, die ansonsten aufgrund hoher Servicekosten nicht rentabel sind [131]. Dies ist im besonderen für kleine und mittelständische Unternehmen von großer Bedeutung, da sie sich kein weltumspannendes Servicenetz leisten können. Deutlich unterstrichen wird dies durch die Einschätzung der Werkzeugmaschinenfirma Trumpf [137], dass in Asien und Amerika als ergänzender Wettbewerbsvorteil gegen die lokalen Anbieter ein entsprechendes Serviceangebot unabdingbar ist.

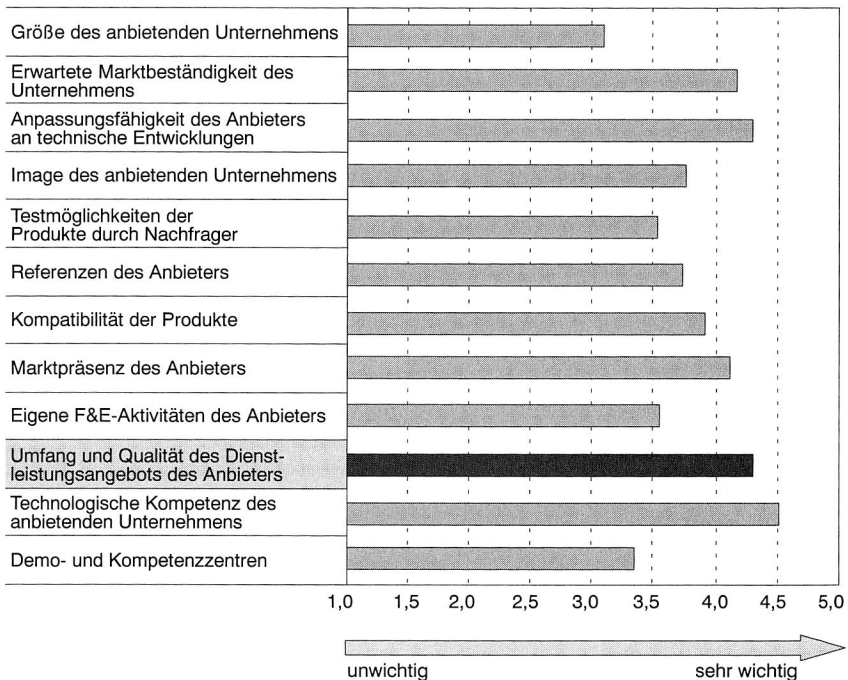


Bild 2-15: Bewertung von Entscheidungsfaktoren die bei der Investition in neue Produktionssysteme von Bedeutung sind (Quelle: [18])

Für die Hersteller von Investitionsgütern wird durch die technische Nivellierung eine Differenzierung gegenüber den Mitbewerbern allein über das Produkt immer schwieriger. Das Zusatzangebot in Form ergänzender Dienstleistungen wird zum kaufentschei-

denden Faktor (Bild 2-15). Noch bevor der Kunde deshalb die Frage nach dem Preis stellt, will er wissen, wie schnell mögliche Störungen behoben werden können [137]. Mit der Anwendung der Telediagnose kann der Hersteller den von Kundenseite geforderten leistungsfähigen Service anbieten. Bei der Problemlösung mit dieser Technologie entsteht durch die kooperative Zusammenarbeit eine enge Kundenbindung und der Aufbau eines ausgeprägten Vertrauensverhältnisses, was auch ein wichtiger Aspekt bei Investitionsentscheidungen ist.

Auf der Seite des Kunden steht eine hohe Verfügbarkeit im Vordergrund, um die Rentabilität der leistungsfähigen und technisch hoch entwickelten Systeme zu gewährleisten [39]. Es liegen Erfahrungen vor [53], dass mit der Telediagnose nur noch 10 Prozent der früher benötigten Zeit für die Fehlerdiagnose aufgewendet werden muss. Besonders bei ausgesprochen teuren Anlagen und komplexen Produktionsprozessen, wie beispielsweise bei Druckmaschinen, Walzwerken aber auch bei verketteten Systemen der Elektronikproduktion ist eine annähernd 100-prozentige Verfügbarkeit für die wirtschaftliche Fertigung erforderlich.

Positive Auswirkungen der Telediagnose sind beim Kunden auch die Aufwandsreduzierung im Service und die geringeren Störfallkosten. Eigene Serviceabteilungen können minimiert oder vermieden und die notwendigen Dienstleistungen zur Problemlösung mittels telekommunikativer Unterstützung vom Hersteller bezogen werden. Teilweise sind die Anlagen auch derart komplex, dass der Kunde Servicepersonal auf dem notwendig hohen Niveau wirtschaftlich nicht bereitstellen kann.

Die Möglichkeit der Nutzung des Know-hows des Herstellers über telekommunikative Dienste hat eine ganzheitliche Optimierung des Produktionssystems zur Folge. Es können sowohl Effizienzsteigerungen bei den Prozessen, speziell bei technologisch aufwendigen oder neuen Verfahren erzielt werden, als auch frühzeitig Schwachstellen erkannt und somit Ausfälle verhindert werden.

Bei Störungen die durch eine Maschine bzw. Komponente eines Zulieferers auftreten, kann durch die Telediagnose dessen Expertenwissen zur kooperativen Problemlösung, direkt mit dem Kunden oder in Verbindung mit dem Hersteller genutzt werden. Auch eine sofortige Überprüfung der Verfügbarkeit notwendiger Ersatzteile und deren Online-Bestellung kann erfolgen.

Darüber hinaus unterstützt die Telediagnose den derzeitigen Trend, Entwicklungsleistung auf die Zulieferer zu übertragen, da hiermit eine ausgezeichnete Plattform für die intensive Kooperation zwischen den Partnern bereitgestellt wird.

2.6 Technologische Strukturierung der Lösungen zur Telediagnose

2.6.1 Prinzipielle Basiskonzepte

Vom technischen Standpunkt aus betrachtet können die gegenwärtig verfügbaren Systeme zur Telediagnose in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- **Hard- und softwarebasierte Systeme zur Datenfernübertragung**
Hierbei erfolgt eine Übertragung der Daten von der Maschine in die Servicezentrale des Herstellers mit einer speziell für den Anwendungsfall entwickelten Lösung. In Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit dieser Systeme ist eine bidirektionale Übertragung möglich, vielfach sind allerdings nur lesende Zugriffe realisiert.
- **Softwarebasierte Systeme zur Fernsteuerung (Remote Control)**
Bei diesen Lösungen erfolgt eine Koppelung von Rechnern unter Verwendung von Standardsoftware, sogenannter Remote Control-Software [39]. Somit wird ein direkter Zugriff auf die Bedienoberfläche des entfernten Rechners realisiert, zum Zweck der Fernbedienung von Applikationen.

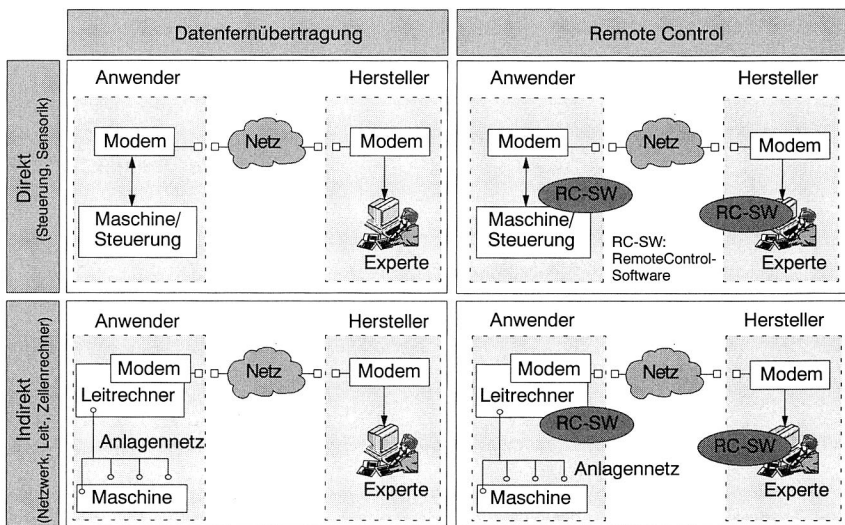


Bild 2-16: Prinzipielle Grundkonzepte der Telediagnose

Die Systeme der beiden Kategorien lassen sich, in Abhängigkeit der kommunikationstechnischen Koppelung der Maschinensteuerung an die Weitverkehrsnetzwerke, zusätzlich in direkte und indirekte Lösungen gliedern [76], so dass eine Differenzierung zwischen vier Grundkonzepten (Bild 2-16) möglich ist. Bei der ersten Koppelungsart

besitzt die Steuerung eine direkte Schnittstelle zu einem Datenfernübertragungsanschluss über analoge Modems oder ISDN-Adapter (Integrated Services Digital Network). Bei der zweiten Lösung wird die Verbindung der Steuerung zum Weitverkehrsnetz indirekt über eine Kommunikationshardware und -software zu Leitrechnern oder Netzwerken realisiert, von denen aus die Anbindung an weitere Netze erfolgt.

Die aktuellen Realisierungen von Telediagnosesystemen basieren auf einem dieser Grundkonzepte, wobei Variationen in den jeweiligen Implementierungen auftreten können. Welche Lösung zum Einsatz kommt hängt von den technischen Randbedingungen, wie der Offenheit der Steuerung, dem verwendeten Kommunikationssystem, der fachlichen Kompetenz des Anbieters sowie dem zur Verfügung stehenden Kostenrahmen ab. Zusätzlich kommen diverse Hilfsmittel zum Einsatz, wie Short Message Service (SMS), Pager oder Fax zur Alarmierung des Servicepersonals. Partiiell werden multimediale Werkzeuge, wie Digitalkameras zur Bildaufnahme und Videokonferenzsysteme zur audio-visuellen Kommunikation genutzt.

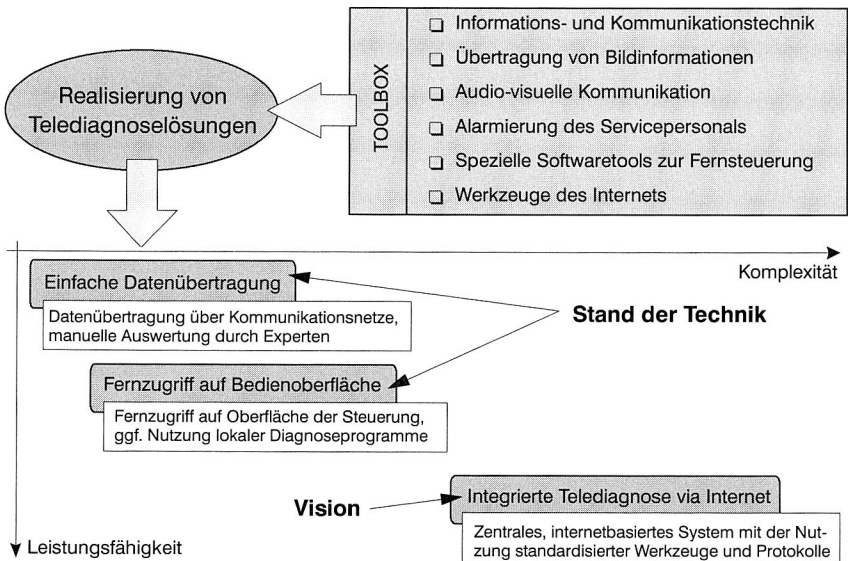


Bild 2-17: Realisierung spezifischer Spezial- und Universallösungen in unterschiedlichen Leistungsklassen

Das Ergebnis sind unternehmens- bzw. maschinenspezifische Speziallösungen, bei denen die Diagnose nur mit sehr einfachen Hilfsmitteln auf der Basis der übertragenen Daten ohne Rechnerunterstützung bei der Problemlösung erfolgt. Diese Situation ist kritisch zu beurteilen, denn Standardimplementierungen mit durchgängiger Rechnerunterstützung würden sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile bieten und den breiteren Einsatz in Industrieunternehmen positiv beeinflussen. Deshalb wird das entwickelte Telediagnosesystem auf anerkannte und verbreitete Standards des Inter-

nets aufsetzen, so dass die einfache Adaption auf andere Maschinen und die funktionale Erweiterung des Softwaresystems problemlos realisierbar sind.

Hard- und softwarebasierte Systeme zur Datenfernübertragung

Bei diesen Systemen erfolgt die Datenübertragung mit einer speziellen Hard- und Softwarelösung. Eine mögliche Konfiguration ist in Bild 2-18 dargestellt. Die Daten werden über die Steuerung oder Sensorik erfasst und über eine direkte Verbindung, realisiert meistens durch eine Wählverbindung zweier analoger Modems [43], oder über eine indirekte Koppelung übertragen. Zur Bereitstellung der Daten kommen neuerdings auch in die Steuerungen integrierte Web-Server zur Anwendung, so dass die Visualisierung durch einen Web-Browser erfolgen kann.

Es handelt sich bei diesen Lösungen vielfach um eine einfache Übertragung von alphanumerischen Daten mit geringen Datenmengen und Übertragungsraten. Eine weitere Rechnerunterstützung steht nicht zur Verfügung. In bezug auf die Aktualisierung der Daten kann eine Übertragung auf Abruf oder eine regelmäßige Übertragung eingesetzt werden. Bei einigen Systemen ist auch ein bidirektionaler Transfer möglich, um so, neben den reinen Monitoring-Funktionen, NC-Programme, neue Softwarestände usw. auf die Steuerung aufzuspielen. Gegebenenfalls wird auch ein Datenpuffer zwischen die Übertragung geschaltet, so dass eine Datenaufzeichnung über längere Zeiträume möglich ist. Im Störfall stehen somit umfassende Informationen über die Vorgeschichte zur Verfügung.

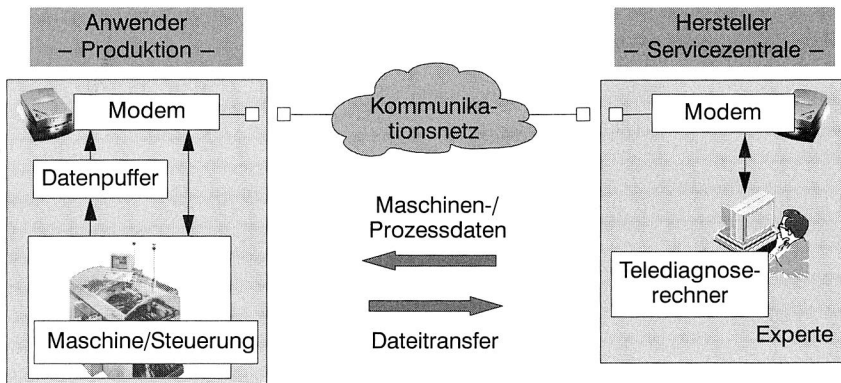


Bild 2-18: Prinzipielles Telediagnosekonzept der Datenfernübertragung

Die Telediagnose besteht bei diesen Techniken lediglich darin, Daten von den Maschinen bereitzustellen, die es ermöglichen sollen, Schlussfolgerungen hinsichtlich des Fehlers und dessen Behebung zu ziehen. Dies setzt voraus, dass der Diagnoseexperte die vielfältigen Signale und Steuerungsinformationen interpretieren kann, was aufgrund der Komplexität moderner Produktionssysteme nicht mehr möglich ist. Ein her-

ausragendes Merkmal, des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Softwaresystems, wird deshalb die umfassende Rechnerunterstützung des Anwenders in der gesamten Prozesskette der Diagnose sein, unter dem besonderen Aspekt der Fernbetreuung.

Softwarebasierte Systeme zur Fernsteuerung

Die Koppelung zwischen Maschine und Telediagnoserechner in der Servicezentrale erfolgt bei der Fernsteuerung über spezielle Softwarewerkzeuge, sogenannte Remote Control-Programme, die ausgehend von einem Rechner den unmittelbaren Zugriff auf die Bedienoberfläche eines anderen Rechners ermöglichen.

Dem Experten stehen somit dieselben softwaretechnischen Eingriffsmöglichkeiten zur Verfügung, wie dem Bediener direkt an der Maschine. Im Gegensatz zur reinen Datenfernübertragung bietet die Fernsteuerung somit weitere Möglichkeiten bezüglich des Eingriffs in die Steuerung [43]. Der Experte kann über diese Softwaretools die lokal auf der Maschinensteuerung vorhandenen Diagnosewerkzeuge nutzen und weiterhin Korrekturen an NC- oder SPS-Programmen vornehmen. Somit kann er mit der Maschine arbeiten, als wäre er direkt vor Ort. Ein wesentlicher Vorteil für die Zusammenarbeit von Experte und Maschinenbediener ist auch darin zu sehen, dass die Aktionen des einen von dem anderen mitverfolgt werden können. Aus Sicherheitsgründen sollten Telediagnosesysteme auf der Basis der Fernsteuerung einen Programmstart ausschließen. Dies ist normalerweise implizit gegeben, da für diese Maschinenfunktion ein separates Bedienfeld vorhanden ist, auf dessen Funktionen über Remote Control-Werkzeuge kein Zugriff möglich ist.

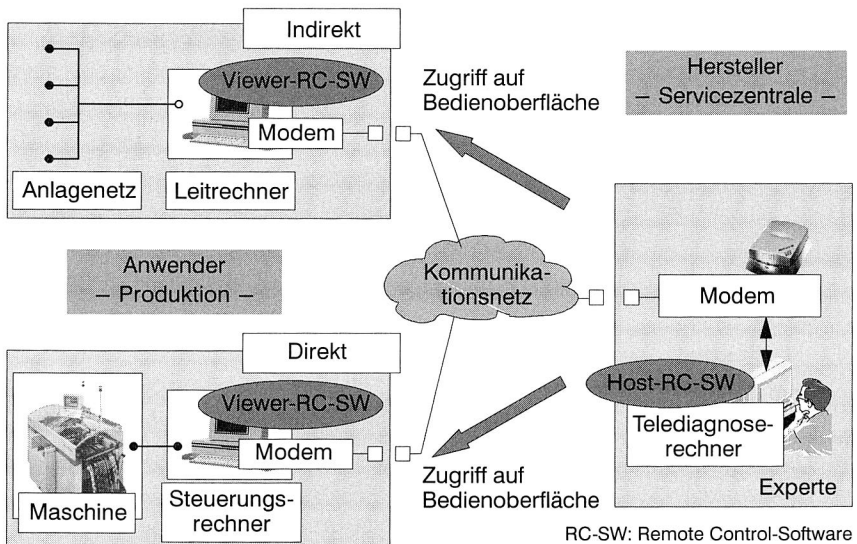


Bild 2-19: Prinzipielles Telediagnosekonzept der softwarebasierten Fernsteuerung

Zur Realisierung dieser Lösungen sind, in Abhängigkeit der Rechner- und Betriebssystem-Plattform, die entsprechenden Werkzeuge auszuwählen. Unix-Betriebssysteme beinhalten bereits Möglichkeiten zur Fernsteuerung und Datenübertragung. Für die PC-basierten Microsoft-Betriebssysteme MS DOS, Windows 3.1/95/98/NT sowie für Macintosh-Rechner müssen kommerzielle Programme, wie ReachOut, PC-Anywhere oder das kostenlose Werkzeug vnc eingesetzt werden. Die Software muss, unabhängig welches Programm genutzt wird, sowohl auf dem Maschinenrechner als Host als auch auf dem Telediagnoserechner beim Hersteller als Viewer installiert sein. Eine Auslieferung neuer Maschinen mit vorkonfigurierter Software ist deshalb sinnvoll.

Koppelungsmöglichkeiten der Maschine an Weitverkehrsnetzwerke

Die Möglichkeiten zur Anbindung einer Maschine bzw. Steuerung an ein Weitverkehrsnetz sind vielfältig. Die vier wesentlichen Prinzipien sind in Bild 2-20 dargestellt, wobei in den einzelnen Realisierungen geringe Variationen möglich sind. Es sind hier nur direkte Verbindungen zur Steuerung aufgezeigt, die Koppelung kann auch über einen zwischengeschalteten Leit- oder Zellenrechner erfolgen.

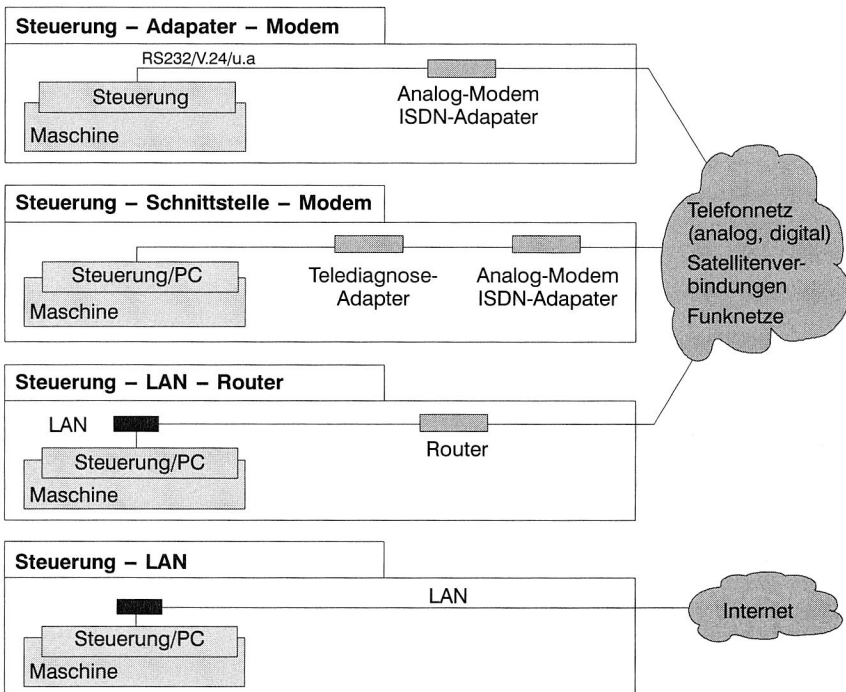


Bild 2-20: Kommunikationstechnische Lösungen zum Anschluss von Steuerungen an Weitverkehrsnetze

Bei den hardwarebasierten Telediagnosesystemen zur Datenfernübertragung werden häufig sogenannte Telediagnoseadapter [3][7][109][148] zwischen die Steuerung und das Modem geschaltet, welche die Umsetzung und Weiterleitung der Daten zwischen den beiden Komponenten übernehmen. Bei einigen Systemen ist das Modem bereits in den Adapter integriert. Die Lösungen erlauben es teilweise auch, mehrere, nicht vernetzte Steuerungen über ein Bussystem zu betreiben [94]. Bei den Fernsteuerungslösungen wird entweder eine direkte Verbindung zwischen einer Schnittstelle der Steuerung und dem Modem eingesetzt [3] oder, falls die Maschine an das LAN angebunden ist, wird der Anschluss an das Weitverkehrsnetzwerk über einen Router [106] vorgenommen. Neue Ansätze nutzen auch die Möglichkeit der direkten Anbindung einer netzwerkfähigen Maschine [75] an das Internet.

2.6.2 Einsatz und Eignung verschiedener Telekommunikationsnetze

Die Netze zum Austausch von Daten werden bezüglich ihrer räumlichen Ausdehnung im wesentlichen in die Kategorien der lokalen Netzwerke (LAN: Local Area Network) und der Weitverkehrsnetze (WAN: Wide Area Network) eingeteilt.

Bei einem LAN handelt es sich um ein Netzwerk, das auf eine abgeschlossene Rechnerlandschaft beschränkt ist, vielfach in Form eines privaten Netzes eines Unternehmens. Ein wichtiges Kennzeichen des LANs ist die hohe Datenübertragungsrate. Die am weitesten verbreitete Vernetzungstechnologie ist das Ethernet, das derzeit Datenraten von 10 bis 100 MBit/s anbietet. Wird im LAN das TCP/IP-Protokoll (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) benutzt, so spricht man auch vom Intranet. Ein WAN kann sich über größere Distanzen ausdehnen, besonders auch über mehrere Länder. Hier sind die Datenraten bisher jedoch geringer als beim LAN. In der Regel sind Weitverkehrsnetze öffentliche Netze. Dazwischen steht das Metropolitan Area Network (MAN), das über die Technologie und die Übertragungsraten des LANs verfügt, allerdings von der Ausdehnung über Gebäude- und Ländergrenzen hinweg reicht. Große Konzerne setzen solche MAN-Netze häufig zur Vernetzung ihrer Standorte ein.

Zur physikalischen Übertragung der Daten bei der Telediagnose werden heute verbreitete Weitverkehrsnetze wie das analoge Telefonnetz, ISDN (Integrated Services Digital Network), Mobilfunknetze sowie Satellitenverbindungen genutzt.

Aufgrund der weltweiten Verfügbarkeit und des einheitlichen Standards wird derzeit in den häufigsten Fällen eine Verbindung über das analoge Telefonnetz bevorzugt. Von Bedeutung ist dies vor allem beim Export in nicht hochentwickelte Länder. Die Datenübertragung erfolgt hardwaretechnisch mittels Modems, welche die Wandelung zwischen analogen und digitalen Signalen übernehmen. Derzeit sind mit einem Modem nach dem V.90-Standard Übertragungsraten bis zu 56 KBit/s realisierbar. Allerdings sind diese Werte für Anwendungen mit hohem Datenaufkommen, wie bei der Übertragung multimedialer Daten, nur bedingt geeignet.

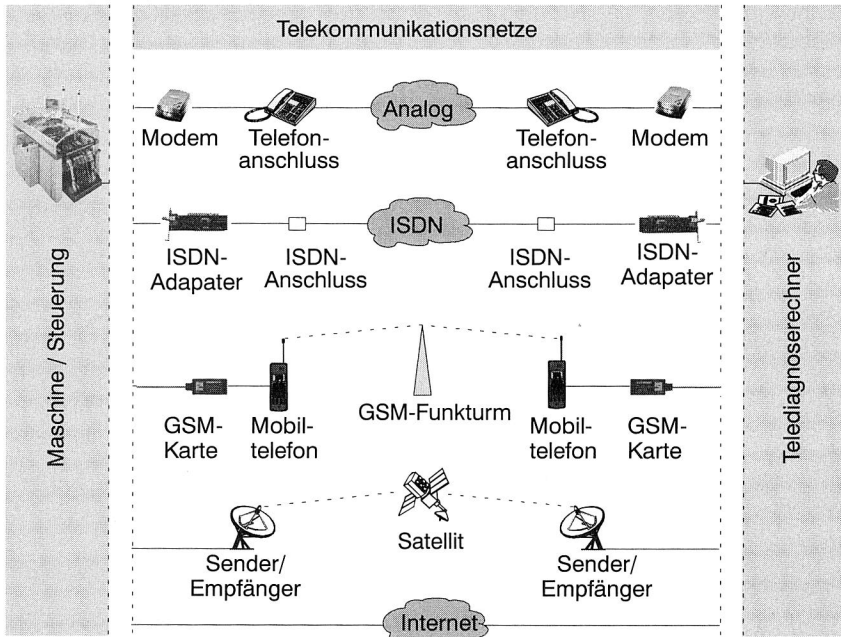


Bild 2-21: Weitverkehrsnetze zur Kommunikation zwischen Maschine/Steuerung und Telediagnoserechner der Servicezentrale

Für die Erzielung höherer Datenübertragungsraten kann das digitale Telekommunikationsnetz ISDN eingesetzt werden. ISDN bietet die Integration von Daten- und Sprachdiensten an, so dass unterschiedliche Informationen mit einem Medium übertragbar sind. Entsprechend dem Kommunikationsbedarf stehen zwei Anschlussarten mit unterschiedlicher Bandbreite zur Verfügung. Beim Basisanschluss sind zwei Datenkanäle mit je 64 KBit/s (B-Kanäle) und ein Steuerkanal mit 16 KBit/s (D-Kanal) vorhanden. Beim Primärmultiplexanschluss gibt es in Europa 30 Datenkanäle mit je 64 Kbit/s (USA und Japan: 23 Datenkanäle) und einen Steuerkanal mit 64 KBit/s. Durch Kanalbündelung können beim Basisanschluss Übertragungsraten von 128 KBit/s und beim Primärmultiplexanschluss von bis zu 2 MBit/s erzielt werden. Die Gebühren für ISDN-Anschlüsse sind höher als für analoge Anschlüsse, allerdings können diese durch die geringeren Übertragungskosten kompensiert werden. Derzeit besitzt ISDN noch eine geringe Verbreitung, im wesentlichen nur in Europa und den USA, und darüber hinaus sind unterschiedliche Protokolle im Einsatz, so dass dies entscheidende Nachteile dieses Netzes in der Telediagnose sind.

Im Gegensatz zu analogen Netzen und ISDN eignen sich Mobilfunknetze und Satellitenverbindungen für Telediagnoseaufgaben mit höheren Anforderungen bezüglich der Standortunabhängigkeit. Hier können Informationen von Anlagen erfasst werden, die nicht an Festnetze angebunden werden können. Für Verbindungen mit geringeren

Reichweiten werden Mobilfunknetze, z.B. nach dem europäischen GSM-Standard (Global System for Mobile Communication) eingesetzt, beispielsweise bei Baufahrzeugen und Verkehrsleitsystemen [53]. Bei größeren Distanzen, wie in der Hochseeschifffahrt kommen Satellitenverbindungen zur Anwendung [53].

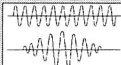



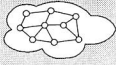






























	Analoge Netze 	ISDN 	Satelliten 	Mobilfunknetze 	Internet 
Verfügbarkeit/ Reichweite					
Standardisierung					
Übertragungs- geschwindigkeit					
Fixe Kosten (Hardware, Zugang)					
Variable Kosten (Gebühren)					
	sehr gut 	gut 	durchschnittlich 	ausreichend 	mangelhaft 

Bild 2-22: Bewertung der verschiedenen Kommunikationsnetze zur Telediagnose

Ein weiteres Kriterium stellen die Anschaffungskosten für die Hardware und die laufenden Kosten für die Datenübertragung dar. Während Modems und Peripherie für analoge und digitale Anschlüsse vergleichsweise kostengünstig sind, liegen Anschaffungspreise und Betriebskosten für Mobilfunk- und Satellitenverbindungen beträchtlich höher. Auch bei den Übertragungskosten ergibt sich ein ähnliches Verhältnis, was durch die deutlich geringeren Datenraten der drahtlosen Verbindungen noch verstärkt wird.

Neuerdings wird auch das Internet als Kommunikationsnetz in Betracht gezogen. Das Internet ist ein weltweiter Zusammenschluss von Rechnern auf der Basis des TCP/IP-Protokolles. Seine Vorteile liegen insbesondere in der weltweiten Verfügbarkeit und der Offenheit sowie in der Verwendung von standardisierten Protokollen und Diensten. Zur datentechnischen Koppelung eines Rechners an das Internet kann, vor allem bei PCs, auf preiswerte Hard- und Software zurückgegriffen werden. Auch die Übertragungskosten sind ein besonderer Vorteil des Internets, vor allem dann, wenn das Unternehmen über eine Standleitung verfügt. Nachteilig ist die teilweise noch geringe Übertragungsrate. Durch den schnellen Ausbau des Internets wird diese allerdings

stark ansteigen. Weiterhin kann aufgrund der besonderen Struktur dieses Mediums keine feste Datenrate garantiert werden. Allerdings sind auch auf diesem Sektor entsprechende Entwicklungen im Gange, die eine feste Bandbreite zusichern.

In dem entwickelten Telediagnosesystem werden die Technologien des Internets zur Kommunikation verwendet, und so dessen Vorzüge genutzt. Aufgrund der Abstraktionsmöglichkeiten der Betriebssysteme kann die Datenübertragung problemabhängig auch über die anderen, oben genannten Kommunikationsnetze erfolgen.

2.7 Systematische Analyse und Klassifizierung interessanter Lösungen zur Telediagnose

In den folgenden Ausführungen werden in einer systematischen Übersicht verschiedene Telediagnosesysteme mit ihren spezifischen Charakteristiken vorgestellt. Die Klassifizierung erfolgt bezüglich interessanter industrieller Applikationen sowie nach verschiedenen Ansätzen, die in Forschungseinrichtungen verfolgt werden. Es wird nur eine gezielte Auswahl von Lösungen präsentiert, da sich viele in der prinzipiellen Realisierung entsprechen. Demnach erhebt diese Aufstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im Anschluss werden vier interessante industrielle Systeme in ihren technischen und teilweise auch organisatorischen Ausprägungen detaillierter dargelegt.

Systematische Kurzübersicht

Die Tabelle 2-1 und die Tabelle 2-2 enthalten die wichtigsten industriellen Telediagnosesysteme auf der Basis der Datenfernübertragung.

Anbieter	Zielfmaschine/-anlage	Kurzbeschreibung	Literatur
Siemens	Werkzeugmaschinensteuerungen (SPS)	Datentransfer: Analog / ISDN / GSM Telediagnoseadapter, Videokonferenz	[3][113]
Matsushita	SPS	Datentransfer: Analog / GSM Telediagnoseadapter, Alarmmeldesystem, Diagnose dezentraler Steuerungen	[69][74]
Reis	Roboter	Datentransfer: Analog Eigenständige Softwarelösung (Abbildung der Roboterbedienoberfläche)	[104]
Flender	Antriebstechnik	Datentransfer: Analog / ISDN / Funkmodem / GSM / Satellit / Internet Telediagnoseadapter, Visualisierung analoger und digitaler Messwerte	[8]
Additive	Industrielle Großmaschinen	Datentransfer: Analog / Lokale Netzwerke Datenspeicher in der Maschine, Alarmmeldesystem	[135]
Mannesmann	Kunststoffspritzguss	Datentransfer: Analog Telediagnoseadapter	[109]
Klebs-Hartmann Automatisierungstechnik	SPS (Siemens S5, S7)	Datentransfer: Analog Telediagnoseadapter (Software), Datenvisualisierung mit Prozessleitsystem, Alarmmeldesystem (Pager, SMS, Fax)	[62]
Siemens	SPS (Siemens S7)	Datentransfer: Internet Kommunikationsbaugruppe als Web-Server, Alarmmeldesystem (Email)	[108]

Tabelle 2-1: Industrielle Lösungen zur Datenfernübertragung (Teil 1)

Anbieter	Zielmaschine/-anlage	Kurzbeschreibung	Literatur
Träger Industrie- software / Pro- cess Informatik	SPS (Siemens, AEG, Bosch u.a.), Bediengeräte	Datentransfer: Analog Telediagnoseadapter, Unterstützung von Bussystemen, Integriertes Modem, Alarmmeldesystem (Cityruf, Handy, Fax)	[148] [111]
Deltalogic	SPS (Siemens)	Datentransfer: Analog / ISDN / GSM Telediagnoseadapter (Treiber für Siemens SIMATIC SPS oder eigene Software), Schreibender Zugriff, Alarmmelde- system (Pager, SMS, Fax)	[7]
Herborn+Brei- tenbach	Draht-Ziehmaschinen	Datentransfer: ISDN / Internet / Satellit Eigenentwicklung auf Basis von Microsoft-Produkten, Vi- deokonferenz (Camcorder)	[136]
Beck	Steuerungstechnik	Datentransfer: Internet Steuerung mit Ethernet-Anschluss (Modemverbindung zum Internet)	[122]
KEBA	Maschinensteuerun- gen	Datentransfer: Internet Maschine mit integriertem Web-Server, Web-Client zur Visualisierung	[68]
USDATA	Anlagen	Datentransfer: Internet Prozessvisualisierungstool mit Web-Client als Benutzer- schnittstelle (Lese- und Schreibzugriff), nur auf Windows- Plattform lauffähig	[92]

Tabelle 2-2: Industrielle Lösungen zur Datenfernübertragung (Teil 2)

Anbieter	Zielmaschine/-anlage	Kurzbeschreibung	Literatur
Siemens	Werkzeugmaschinen- steuerung (MMC, CNC)	Datentransfer: Analog / GSM Remote Control-Software, Videokonferenz	[3][113]
Trumpf	Werkzeugmaschinen	Datentransfer: Analog Remote Control-Software, Bildübertragung mit digitaler Kamera	[129]
Adept	Roboter	Datentransfer: Analog / ISDN Remote Control-Software, PC sowie spezielle Hard- und Software zur Ankoppelung an Robotersteuerung nötig	[70]
Siemens	Walz- und Hüttenwerke	Datentransfer: ISDN (andere Netze möglich) Videokonferenz	[141]
Siemens	Bestückautomaten	Datentransfer: ISDN Fernzugriff auf Unix-Leitrechner, Remote Control-Software für Stationsrechner, lokale Diagnosewerkzeuge	[106]
Grenzbach	Produktionslinien für Glas- und Baustoffindu- strie	Datentransfer: Analog Fernzugriff auf Alpha-Leitrechner, Datentransfer vom Alpha- Leitrechner	[53]
MAN	Rollendruckmaschinen	Datentransfer: ISDN Datenzugriff über Unix-Leitrechner, bidirektionaler Daten- transfer, Videokommunikation (Standard-/Speziallösung)	[53]
Makino	Werkzeugmaschinen	Datentransfer: Analog Fernzugriff auf teleservicefähigen Prozessrechner	[53]
Seiki	Werkzeugmaschinen	Datentransfer: Analog Eigenentwickeltes System (Hard- und Software) zur Daten- übertragung, Ergänzung durch Fernzugriff (Remote Con- trol- Software), Alarmmeldesystem	[53]

Tabelle 2-3: Industrielle Lösungen zur Fernsteuerung

In der Tabelle 2-3 sind die in der Industrie eingesetzten Fernsteuerungssysteme zur Telediagnose aufgeführt. In den Forschungseinrichtungen werden verschiedenste Konzepte zur Telediagnose entwickelt und teilweise realisiert, die in der Tabelle 2-4 aufgeführt sind.

Institut/Projekt	Produkt	Kurzbeschreibung	Literatur
Stragus (Siemens, Kuka, IPR-Karlsruhe u.a.)	Schweißanlage	Bedien- und Beobachtungssystem WinCC an der Anlage, lokales Diagnosesystem, Internettechnologien (nur mit Microsoft Internet Explorer auf Windows Betriebssystem lauffähig), Serviceinformationssystem, Remote Control-Software	[14] [134]
IPK-Berlin	Werkzeugmaschinen	Datentransfer: Analog / ISDN Herstellerneutrale Kommunikationsplattform zum standortübergreifenden Zugriff auf Maschinen	[1]
IPK-Berlin	Antriebe	Java-Applets in Antrieben ermöglichen Fernzugriff auf die Daten mit Internettechnologien	[66]
IPK-Berlin	Werkzeugmaschinen, SPS	Ferndiagnose- und Serviceplattform zur Datenvisualisierung, internetbasiertes Informationssystem für Maschinendaten auf HTML-Basis, multimediale Bedienunterstützung	[66]
IPK-Berlin	Werkzeugmaschinen- steuerung	Dynamischer Zugriff auf NC-Steuerung SINUMERIK 840D mittels Internettechnologien, Abbildung der Bedienoberfläche als Java-Applet	[10]
S3-BaWü (Fhg IAO, Fhg IPA, Stuttgart)	–	Integriertes Service-Support-System zur unternehmensübergreifenden Kooperation auf der Basis von Internet-Technologien, System als Provider für Hersteller und Anwender	[119]

Tabelle 2-4: Innovative Lösungen aus Forschungseinrichtungen und -projekten

Datenfernübertragung mit integriertem Datenpuffer von der Firma Additive

Ein System zur Datenfernübertragung mit einem Datenpuffer beim Kunden wird von der Firma Additive GmbH [135] angeboten. Der Datenpuffer wird direkt in die Maschine eingebaut und ist über ein Modem mit der Servicezentrale verbunden. Das Diagnosegerät verfügt über 32 analoge Eingänge zum Anschluss von Sensoren mit physikalischem Messprinzip sowie 32 digitale Eingänge zur Erfassung von Schalterzuständen und zur Zählung von Ereignissen. Zur Datenarchivierung stehen intern 2 MB RAM Speicher und extern eine PCMCIA-Festplatte zur Verfügung. Durch eine Datenreduktion in Echtzeit kann der Maschinenzustand kontinuierlich und mit hoher Auflösung langfristig erfasst werden.

Eigenständige Telediagnoseapplikation auf der Basis der Datenfernübertragung bei dem Roboterhersteller Reis

Die Firma Reis Robotics [104] setzt eine eigenentwickelte Ferndiagnosesoftware ein, die dem Experten in der Servicezentrale eine realistische Abbildung des Programmierhandgerätes (PGH) auf seinem Rechner darstellt. Das softwaremäßig implementierte PGH auf dem Telediagnoserechner ist datentechnisch mit dem Roboter vor Ort über eine analoge Modemverbindung gekoppelt. Dem Experten stehen somit dieselben Daten und Funktionen zur Bedienung und Programmierung des Roboters zur Verfügung, wie sie direkt am realen PGH vorhanden sind. Er kann den Bediener vor Ort bei der Fehlerdiagnose und -behebung, aber auch bei der Prozessoptimierung unterstützen. Neben dem direkten Eingriff in die Bedienoberfläche der Robotersteuerung ist auch die Übertragung von Daten und Programmen (Upload) möglich.

Fernsteuerungslösung bei dem Werkzeugmaschinenbauer Trumpf

Die Firma Trumpf ist in der Werkzeugmaschinenbranche tätig und stellt vor allem CNC-Blechbearbeitungssysteme und Laserzentren her. Aufgrund der hohen Anlagenkomplexität und des hohen Exportanteils (ca. 58%) ist das Telediagnosesystem ein wesentliches Paket, das mit einer Werkzeugmaschine ausgeliefert wird. Diese Dienstleistung ist für den Kunden in den ersten 12 Monaten kostenfrei und wird danach Bestandteil eines Wartungsvertrages. [129][53]

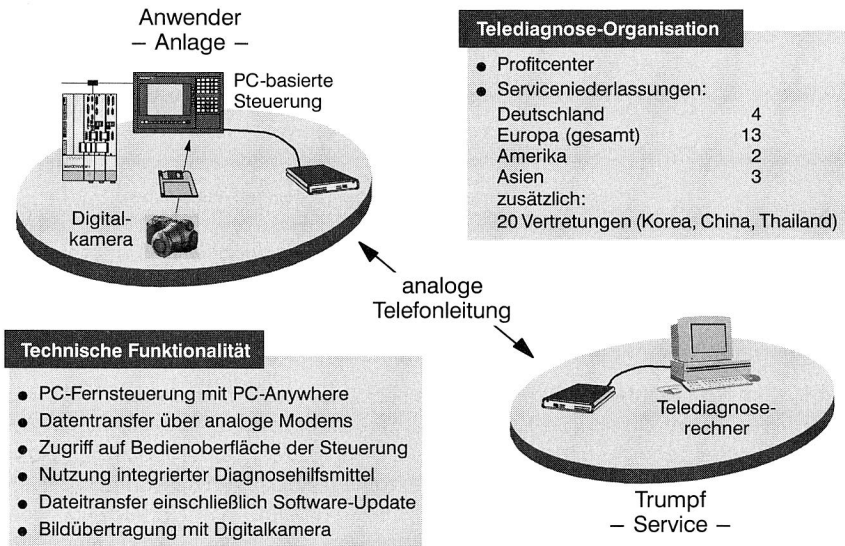


Bild 2-23: Technische und organisatorische Aspekte der Telediagnoselösung der Firma Trumpf

Der Bereich der Telediagnose ist im Unternehmen Trumpf als eigenständiger Profitcenter organisiert, mit 130 Beschäftigten im Inland und 170 Mitarbeitern im Ausland. Trumpf besitzt mehrere Niederlassungen für den Service in Deutschland sowie in den Hauptexportregionen Europa, Amerika und Asien. Zukünftig geplant ist die Einrichtung einer 24-Stunden-Bereitschaft an sieben Tagen der Woche, die sich auf die Diagnose und die Ersatzteilversorgung bezieht. [129][53]

Technisch realisiert wird die Telediagnose durch die Fernsteuerung von Rechnern mit der Remote Control-Software PC-Anywhere. Zur Datenübertragung werden analoge Modems in Verbindung mit einem Router in der Servicezentrale verwendet. Der Experte der Firma Trumpf erhält somit den Zugriff auf die PC-basierte Steuerung und kann sämtliche in die Maschine integrierten Diagnosewerkzeuge nutzen. Durch das in der Software PC-Anywhere vorhandene File-Transfer-Programm kann zusätzlich eine Dateiübertragung, z.B. zum Software-Update realisiert werden. Zur Unterstützung der Diagnose ist auch eine Übertragung von Bildern von der Anlage zum Hersteller mög-

lich. Zum Einsatz kommt eine digitale Kamera, mit der kritische Stellen, beispielsweise Schneidkanten bei gelaserten Werkstücken, aufgenommen werden. Die Übertragung der Bilder erfolgt über das File-Transfer-Programm. Trumpf plant zukünftig den weiteren Ausbau der Telediagnose, wobei hier zunächst eine Videoübertragung und der Einbau zusätzlicher Sensorik in die Maschinen vorgesehen sind. [129]

Fernsteuerung und 24-Stunden-Service bei Siemens-Bestückautomaten

Die Firma Siemens bietet für ihre Bestückautomaten bzw. -linien der Reihe SIPLACE 80S20 und 80F4 eine Fernbetreuungslösung an [106][105], die den weltweiten Zugriff auf den Linien- und Stationsrechner sowie den Maschinencontroller ermöglicht. Der Experte kann sich aus der Zentrale, in der ebenfalls ein Linien- und ein Stationsrechner zur Verfügung stehen, in die entsprechenden Rechner der Kunden-Linie einwählen.

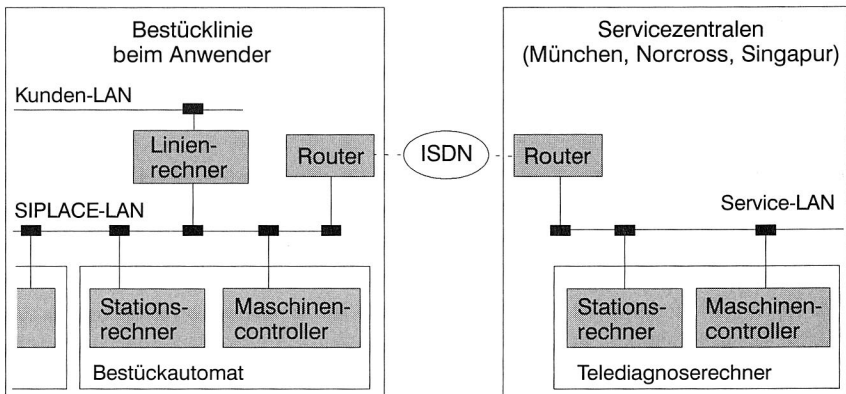


Bild 2-24: Rechner- und Kommunikationsstruktur bei der Telediagnose von Bestückautomaten (Quelle: [105])

Die Fernbedienung des auf Unix basierenden Linienrechners erfolgt mit der dem Betriebssystem immanenten Funktion der Umlenkung der Bildschirmausgabe. Durch die Nutzung der Unix-Dienste telnet (Remote-Login) und ftp (File-Transfer) kann sich der Anwender vom Linienrechner ausgehend auf dem Maschinencontroller einloggen. Der für die Fehlerdiagnose wichtige Zugriff auf den PC-basierten Stationsrechner wird mit der Remote Control-Software ReachOut realisiert. Somit lässt sich auch das manuelle Diagnoseprogramm des Bestückautomaten nutzen. Die Kommunikation wird über ISDN abgewickelt, wobei jeweils ein Router beim Kunden und beim Hersteller zur Kopplung des ISDN-Netzes mit dem jeweiligen LAN nötig ist (Bild 2-24). Grundsätzlich steht dem Serviceexperten von Siemens dieselbe Funktionalität zur Verfügung, die an den Rechnern der Bestückautomaten vor Ort vorhanden ist. [106][105]

Siemens hat Servicezentralen für die Bestückautomaten in etwa 8-stündig versetzten Zeitzonen in Europa (München), in Amerika (Norcross) und Asien (Singapore) eingerichtet, so dass eine 24-Stunden Betreuung angeboten werden kann.

3 Neue Potenziale durch den Einsatz moderner Technologien des Internets in der industriellen Produktion

Für die Entwicklung eines Telediagnosesystems auf der Basis des Internets sind dessen grundlegende Konzepte und Technologien von fundamentaler Bedeutung. Im folgenden wird deshalb zunächst auf die, diesem Medium übergeordnete Informations- und Kommunikationstechnologie eingegangen. Anschließend wird das Internet selbst vorgestellt und dessen Funktionsprinzip, die verwendeten Protokolle sowie die zur Verfügung gestellten Dienste angesprochen. Eine besondere Betrachtung erfahren das World Wide Web und die Technologien zur Erstellung interaktiver Software im ursprünglich statischen Internet. Auch der sensible Bereich der Sicherheit wird betrachtet. Abschließend werden die Potenziale aufgezeigt, die sich durch den Einsatz dieses Mediums in produzierenden Unternehmen eröffnen.

3.1 Die Informations- und Kommunikationstechnologie der Wissensgesellschaft

Unsere Gesellschaft befindet sich derzeit in einer Phase des Übergangs von einer Industrie- zu einer Wissensgesellschaft, welche auch in den anderen führenden Wirtschaftsnationen zu erkennen ist [146]. Getragen wird dieser Strukturwandel durch die schnellen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK), zusätzlich beschleunigt durch die rasant wachsende Bedeutung des Internets.

Die Grundlage des Austausches von Daten und Wissen ist die Kommunikation. Dabei erfolgt eine Verbindung von autonomen Rechnern zum Zweck des Austausches von Daten zwischen Systemen und Anwendern durch geeignete Übertragungsmedien. Vielfach wird damit auch die Überwindung räumlicher Distanzen assoziiert [65] und dieser Transfer als Telekommunikation bezeichnet.

Unter der Informationstechnologie können alle Systeme und Verfahren subsumiert werden, die die Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Visualisierung von Daten und Wissen übernehmen [5][146]. Hier sind z.B. Server, PCs und Datenbanken einzuordnen. Die Kommunikationstechnologie hingegen dient zur Übermittlung und zum Austausch dieser Daten. Zu diesem Bereich zählen Netze wie das Local Area Network und die Mobilfunknetze aber auch Netzwerkkomponenten wie Gateways, Modems und Netzwerkkarten. Die hier vorgestellte Differenzierung zwischen den beiden Technologien ist nicht immer eindeutig vornehmbar [5], da vom technischen Aspekt aus gesehen die Grenzen fließend sind. Seine interessanteste Ausprägung besitzt die IuK-Technologie in der Form des Internets und seinen Technologien, die bei der Entwicklung des Telediagnosesystems umfassend genutzt wurden.

Der Markt für die Informations- und Kommunikationstechnologie sowie den damit verbundenen Dienstleistungen ist in Deutschland in den letzten Jahren mit hohen Steigerungsraten gewachsen. Für 1999 wurde eine Zunahme des Umsatzes auf insgesamt 205 Mrd. DM erreicht [15], so dass die IuK-Technologie erstmals den Umsatz der Auto-

mobilitätsindustrie übertrifft. Diese Entwicklung wird sich voraussichtlich im Jahr 2000 mit einer Umsatzsteigerung um ca. 8 % auf insgesamt 222 Mrd. DM [15] fortsetzen.

3.2 Grundlagen des Internets zur Nutzung bei der Telediagnose

3.2.1 Basiskonzepte und Verbreitung des Mediums

Das Internet ist ein weltweites Netzwerk, bestehend aus vielen einzelnen Netzen und Rechnern, die über bestimmte Mechanismen verbunden sind. Als wichtigste technische Basis wird ein gemeinsamer Kommunikationsstandard genutzt, das TCP/IP-Protokoll (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), welches die Kommunikation zwischen heterogenen Netzwerken ermöglicht. Somit ist über die dedizierten Dienste des Internets der globale Datenaustausch zwischen beliebigen Rechnern möglich.

Die einzelnen Subnetze im Internet werden von verschiedenen Institutionen betrieben, und können bezüglich der Anzahl der verbundenen Rechner und der Datenübertragungsraten stark variieren. Untereinander sind die einzelnen Netze durch Gateways und Router miteinander verbunden. Das Rückgrat des Internets bilden die schnellen Verbindungen zwischen den Rechnern von Forschungseinrichtungen, Universitäten, öffentlichen Einrichtungen und privaten Unternehmen, die sogenannten Backbones.

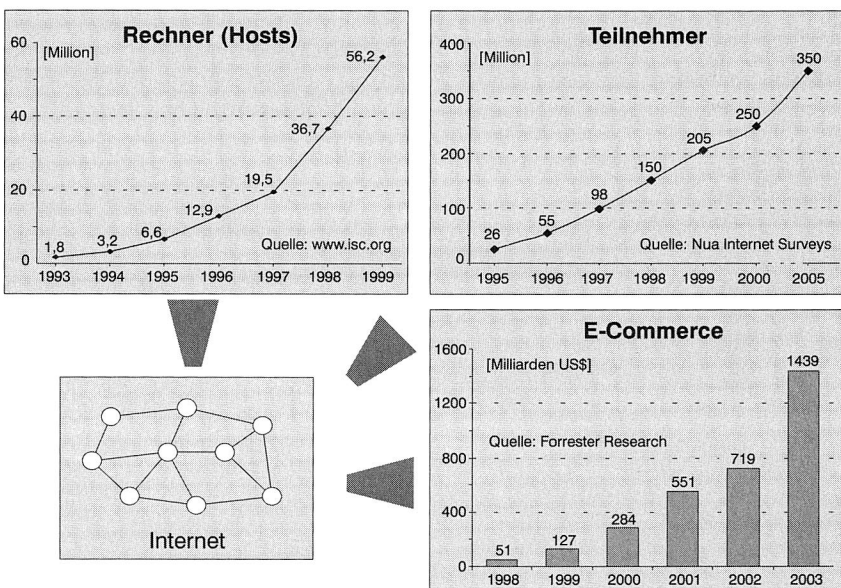


Bild 3-1: Dynamische Entwicklung und zukünftige Potenziale des Internets

Die Gründe für die rasante Verbreitung des Internets und für dessen zukünftigen Potenziale (Bild 3-1) sind primär in der Plattform- und Systemunabhängigkeit sowie in der Offenheit des Mediums zu sehen. Für die industrielle Nutzung des Internets und speziell für das in dieser Arbeit entwickelte Telediagnosesystem bedeutet dies, dass eine problemlose Kommunikation zwischen Unix-basierten Rechnersystemen – hauptsächlich in der Leitebene – und Windows oder Macintosh basierten PCs – im Bürobereich und im Steuerungsbereich – stattfinden kann.

Der Ursprung des Internets geht auf Entwicklungen des amerikanischen Verteidigungsministeriums zurück, das ein Computernetzwerk anstrebte, das auch beim Ausfall einzelner Rechner bzw. Netzknoten betriebsfähig sein sollte. Das wesentliche Merkmal eines solchen Netzes bildet ein paketvermittelndes Protokoll, bei dem die Informationen in einzelne Pakete aufgeteilt und mit einer Zieladresse versehen werden. Die Pakete suchen sich unabhängig voneinander auf beliebigen Wegen ihren Empfänger durch das Netzwerk, bei dem sie wieder zusammengefügt werden, wobei fehlende Pakete neu angefordert werden. Das so entwickelte Netz wurde 1969 in Betrieb genommen und als Apranet (Advanced Research Projects Agency Net) bezeichnet. Mit dem Einsatz des TCP/IP-Protokolls 1983, im nun nur noch zivil genutzten Apranet, wurde dieses Netzwerk mit dem neuen Namen Internet versehen. Bis zum Ende der 80er Jahre wurde das Internet fast ausschließlich im wissenschaftlichen Bereich eingesetzt. Erst mit der Einführung des graphischen World Wide Web-Dienstes (WWW) öffnete es sich der privaten und kommerziellen Nutzung.

Das funktionale Konzept des Internets basiert auf dem Client-Server-Prinzip, bei dem die Funktionalität von Anwendungen auf zwei Partner aufgeteilt wird. Dabei stellen Rechner im Netz, die als Server fungieren, Ressourcen wie Programme, Dienste und Daten zu Verfügung. Ein Server kann Anfragen, die von einem Anwender über einen Clientrechner an ihn gestellt werden, erkennen und entsprechend beantworten.

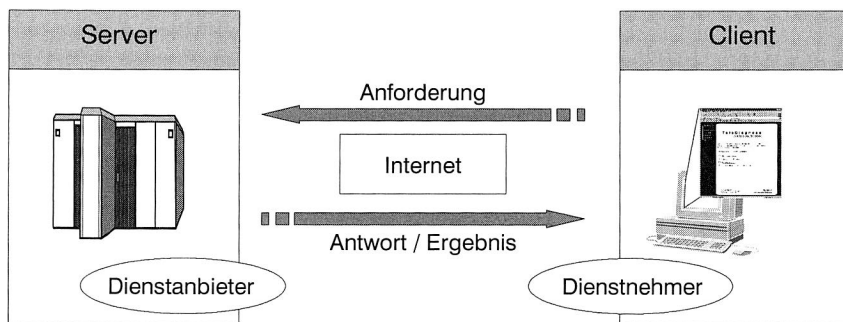


Bild 3-2: Das Client-Server-Prinzip im Internet

Neben dem Internet wird vielfach der Begriff des Intranets verwendet, das eine enge Bindung zum LAN eines Unternehmens besitzt. Ein Intranet ist ein firmeninternes Netz, das Internet-Technologien nutzt und vor allem das TCP/IP-Protokoll. Analog zum Inter-

net lassen sich somit die im Unternehmen vorhandenen heterogenen Netze und Rechnerplattformen verbinden. Interessante Aspekte am Intranet sind die Möglichkeiten zur Aufbereitung und Visualisierung von Informationen auf Basis des multimedialen WWW-Dienstes sowie die Nutzung der zur Verfügung gestellten Werkzeuge zur internen Kommunikation und Zusammenarbeit der Mitarbeiter. Das Extranet stellt eine Erweiterung des Intranets dar, auf das auch vertrauenswürdige unternehmensexterne Personen einen Zugriff erhalten.

3.2.2 Netzwerke und Protokolle

Ein Netzwerkprotokoll legt die Regeln zum Datenaustausch zwischen Sender und Empfänger fest, indem es das Format der zu übertragenden Daten und die Mechanismen zum Auf- und Abbau einer Verbindung definiert. Im Internet wird die gesamte Kommunikation auf der Grundlage des TCP/IP-Protokolles abgewickelt. Aus dessen Zielsetzung, der Verbindung unterschiedlicher und autonomer Netzwerke, leiten sich die spezifischen Charakteristika ab [118]:

- ☐ Unabhängigkeit vom physikalischen Übertragungsmedium
- ☐ Offener, hardware- und betriebssystemunabhängiger Standard
- ☐ Weltweit einheitlich gültiger Adressierungsmechanismus, der die Kommunikation zwischen allen Rechnern mit Internet-Anschluss ermöglicht

Auf dem TCP/IP-Protokoll, das sich aus dem Vermittlungsprotokoll IP (Internet Protocol) und dem Transportprotokoll TCP (Transmission Control Protocol) zusammensetzt, basieren auch mehrere Protokolle der Anwendungsebene des ISO/OSI-Referenzmodelles (International Standard Organization / Open System Interconnection), wie z.B. telnet oder das File Transfer Protocol FTP, so dass man diese Gesamtheit auch als TCP/IP-Protokollfamilie bezeichnet. In dieser sind nur vier Schichten des ISO/OSI-Referenzmodelles vorhanden, da dessen beiden unteren Ebenen zur Netzwerkschicht und die obersten drei Ebenen zur Anwendungsschicht zusammengefasst werden.

Das Internet-Protokoll ist zuständig für die Adressierung der einzelnen Datenpakete, damit diese innerhalb des Netzwerkes vom Sender zum Empfänger geleitet werden können. Aus diesem Grund besitzt jeder Knoten bzw. jedes Endgerät eine eindeutige, in der gesamten Welt nur einmal vorkommende Kennung, die sogenannte IP-Adresse (Beispiel: 131.113.118.87). Die TCP/IP-Protokolle übernehmen auch die Verwaltung des Domain Name Service (DNS), durch den den Adressen symbolische Namen zuordenbar sind (Beispiel: www.faps.uni-erlangen.de). [67][157]

Die Aufgabe des Transportprotokolls TCP liegt in der Übertragung der Daten vom Sender zum Empfänger. Dazu fasst es eine bestimmte Anzahl von Bytes zu Datenpaketen zusammen und verschickt diese mit dem Internet-Protokoll [67]. Beim Empfänger setzt das TCP-Protokoll die einzelnen Pakete wieder in der richtigen Reihenfolge zusammen. TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll, dies bedeutet, es erfolgt eine Überprüfung, ob ein abgeschicktes Paket angekommen ist und gegebenenfalls die erneute Anforderung eines fehlenden oder fehlerhaften Paketes.

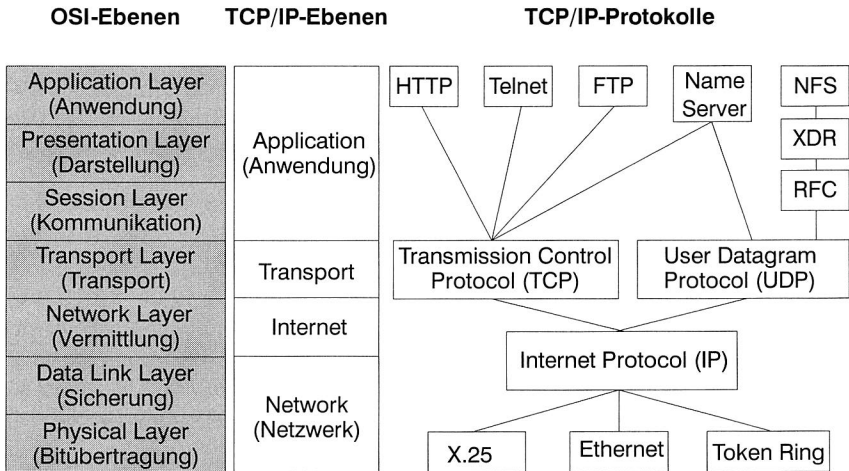


Bild 3-3: Das TCP/IP-Protokoll im ISO/OSI-Referenzmodell (Quelle: [51])

Auf einem Server können gleichzeitig verschiedene Dienste, wie telnet und ftp zur Verfügung gestellt werden, so dass ein entsprechender Mechanismus notwendig ist, der ankommende Datenpakete der richtigen Anwendung zuordnet. Zur Abgrenzung dieser unterschiedlichen Empfänger auf einem Server werden Ports genutzt. Indem einem TCP-Datenpaket neben der IP-Adresse der Port des Empfängers mitgegeben wird, kann das Internet-Protokoll das ankommende Paket an die richtige Anwendung weiterleiten. Die Kombination aus IP-Adresse und Port stellt einen Endpunkt der Datenübertragung dar und wird als Socket bezeichnet. Die Technologie der Sockets ist ein wichtiges Prinzip, dass bei der Kommunikation der Anwendungen des Telediagnosesystems über das Internet genutzt wird. [147][21][118]

Der Zugang zum Internet mittels Modem oder ISDN-Adapter wird über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen dem lokalen Rechner und einem entfernten Rechner, der eine Anbindung zum Internet besitzt, realisiert. Als Transport-Protokoll wird entweder SLIP (Serial Line Internet Protocol) oder PPP (Point to Point Protocol) eingesetzt. [67]

3.3 Standarddienste des Internets

Zu Beginn des Kapitels wurde darauf hingewiesen, dass im Internet verschiedene Dienste angeboten werden. Unter diesem Begriff sind Anwendungen zu verstehen, die auf der Grundlage der Internet-Technologien eine bestimmte Funktionalität zur Verfügung stellen. Diese netzwerkfähigen Dienste eignen sich für verschiedene Aufgaben der Fernbetreuung und werden in dem hier entwickelten Telediagnosesystem teilweise genutzt. Der multimediale WWW-Dienst, der entscheidenden Anteil an der Popularität des Internets besitzt, wird aufgrund seiner Bedeutung in einem separaten Kapitel erläutert.

Der **Telnet-Dienst** ermöglicht den Fernzugriff, von einem Rechner aus, auf andere im Netz angeschlossene Rechner, weswegen in diesem Zusammenhang auch von Remote Login gesprochen wird. Der technische Hintergrund liegt darin, die Kapazität und Leistungsfähigkeit von Großrechnern als Server aus der Ferne zu nutzen, indem auf ihnen Applikationen bereitgestellt und ausgeführt werden.

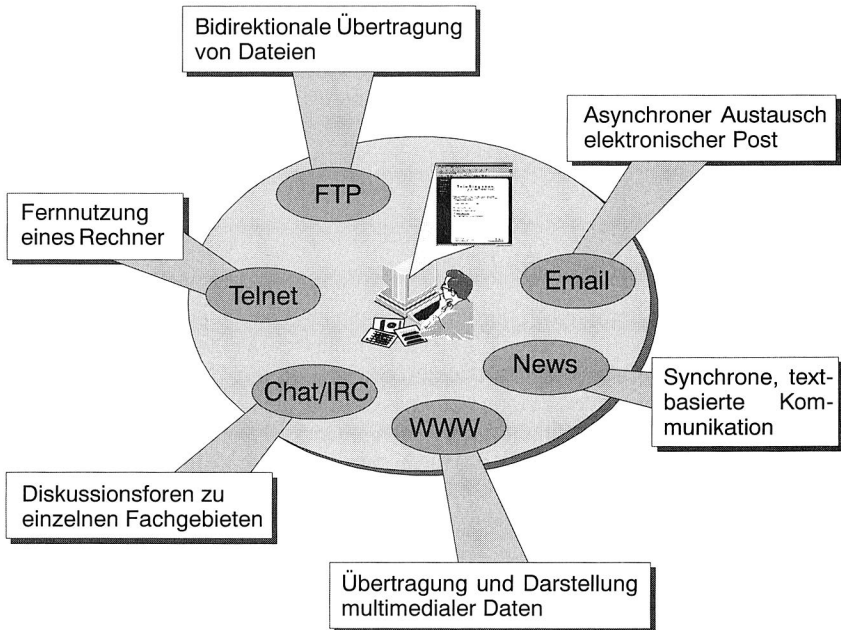


Bild 3-4: Dienste des Internets und deren Anwendung in der Telediagnose

Das **File Transfer Protocol (FTP)** übernimmt die bidirektionale Übertragung von Dateien zwischen zwei Computern im Internet. Dazu sind entsprechende Zugriffsrechte auf dem Zielrechner erforderlich. Im FTP-Dienst sind weiterhin Befehle vorhanden, um das Durchsuchen bzw. Durchwandern von Verzeichnisstrukturen auf dem entfernten Rechner vorzunehmen.

Mit dem **Email-Dienst** kann ein gezielter Austausch von Informationen in Form einer elektronischen Post zwischen einem Rechner als Sender und einem oder mehreren Rechnern als Empfänger erfolgen. Grundlage bildet ein Adress-System, ähnlich dem der konventionellen Post, das den Anwendern eine eindeutige Email-Adresse zuweist. Neben der Nachricht selbst können Dateien beliebigen Formates verschickt werden. Ein entscheidender Vorteil dieses Dienstes ist, dass Nachrichten innerhalb kürzester Zeit ihre Empfänger erreichen, ohne dass diese anwesend sein müssen. Zur Datenübertragung wird das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) benutzt.

News ist der Sammelbegriff für weltweit im Internet verfügbare Diskussionsforen zu verschiedenen Themengebieten, sogenannte News-Groups, die hierarchisch strukturiert sind. Mit einem News-Reader wird eine Verbindung zum News-Server aufgebaut, auf dem die Foren hinterlegt sind. Der Anwender kann gezielt Themengebiete auswählen und die vorhandenen Artikel lesen oder eigene Beiträge in den News-Groups publizieren. Insbesondere können technische Fragestellungen in die passende Gruppe gestellt und so fachlich kompetenter Rat von den Teilnehmern eingeholt werden.

Internet Relay **Chat** (IRC) bzw. Chat ermöglicht es den Teilnehmern, synchron über das Internet zu kommunizieren. Dazu können sich zwei oder mehrere Personen zusammenschließen, die dann jeweils über einen eigenen Client textbasierte Nachrichten austauschen. Neben offenen Chats lassen sich auch geschlossene Gruppen bilden, die für technische Diskussionen zwischen Hersteller und Kunden interessant sind.

3.4 Das World Wide Web (WWW)

Das Internet wurde ursprünglich nur im wissenschaftlichen Bereich eingesetzt. Begründet war dies in der sehr komplizierten Bedienung dieses Mediums, welche vornehmlich kommandozeilenorientiert erfolgte. Mit der Einführung des WWW-Dienstes wurde eine graphische, intuitiv zu bedienende Oberfläche für das Internet zur Verfügung gestellt. Von diesem Zeitpunkt an nutzten immer mehr Unternehmen und Privatleute dieses Medium. Dies bedingte dessen Kommerzialisierung und ausgesprochen dynamische Entwicklung. Das WWW hat sich in den letzten Jahren zu einem sehr mächtigen Werkzeug entwickelt, das nicht mehr nur einen einzelnen Dienst repräsentiert, sondern die für den Anwender wichtigen Dienste in einer einheitlichen, graphischen Benutzerschnittstelle integriert. Der WWW-Dienst wird im Telediagnosesystem vor allem als zentrale Plattform zur internetbasierten Bereitstellung der Anwendungen sowie zur Visualisierung und zum Austausch multimedialer Informationen eingesetzt.

3.4.1 Technologien und Konzepte

Historie und Grundlagen

Die Entwicklung des World Wide Web hatte ihren Anfang 1989 in dem europäischen Forschungszentrum für Teilchenphysik CERN in der Schweiz. Zielsetzung war es, den international tätigen Mitarbeitern des CERN ein Informationssystem zur Verfügung zu stellen, das ihnen die einfache Verwaltung, den schnellen und problemlosen Austausch sowie die gemeinsame Nutzung von Dokumenten ermöglichen sollte. Entstanden ist das nach dem Client-Server-Prinzip arbeitende WWW auf der Basis der Internet-Technologien. Dabei werden auf dem sogenannten WWW- oder Web-Server die entsprechenden Dokumente bereitgestellt, die dann mit einem WWW-Client oder Web-Browser dem Anwender dargestellt werden.

Prinzipiell basiert das World Wide Web auf drei wesentlichen Konzepten, deren Zusammenspiel in Bild 3-5 dargestellt ist [147]:

- ❑ Der **Hypertext-Markup-Language** HTML, als plattformunabhängige Beschreibungs- und Formatierungssprache für die Dokumente bzw. Seiten des WWW. Ein herausragendes Konzept von HTML und somit des WWWs ist, dass von einem Dokument ausgehend entsprechende Verweise, die sogenannten Hyperlinks, auf andere Ressourcen eingebracht werden können. Dabei ist es möglich auf beliebige Seiten oder Elemente zu verweisen, die auf beliebigen Web-Servern im Internet vorhanden sind.
- ❑ Dem **Hypertext-Transfer-Protokoll** HTTP, als Verständigungsmechanismus zwischen dem Server, der die Seiten und Elemente auf Anfrage bereitstellt, und dem Client, der diese Anfrage vornimmt und die Informationen darstellt. Kern des HTTP-Protokolls ist deshalb ein Request/Response-Schema. HTTP ist ein statusloses Protokoll. Dies bedeutet, dass nach jedem Request die Verbindung zwischen Client und Server wieder geschlossen wird. Eine freie Kommunikation zwischen den Partnern kann nicht realisiert werden, woraus sich eine schlechte Nutzung der vorhandenen Bandbreite und Einbußen in der Performance ergeben.
- ❑ Der **Uniform Ressource Locator** URL, welcher ein standardisierter Mechanismus für die eindeutige Adressierung der Ressourcen des World Wide Web sowie für die Angabe des Protokolls ist. Infolgedessen kann der Zugriff auf die Objekte nur durch die Angabe ihrer URL erfolgen. Die Syntax einer URL besteht allgemein aus `<scheme> : <scheme-specific-part>`, wobei der erste Teil das Protokoll und der zweite Teil die angeforderte Ressource definiert.

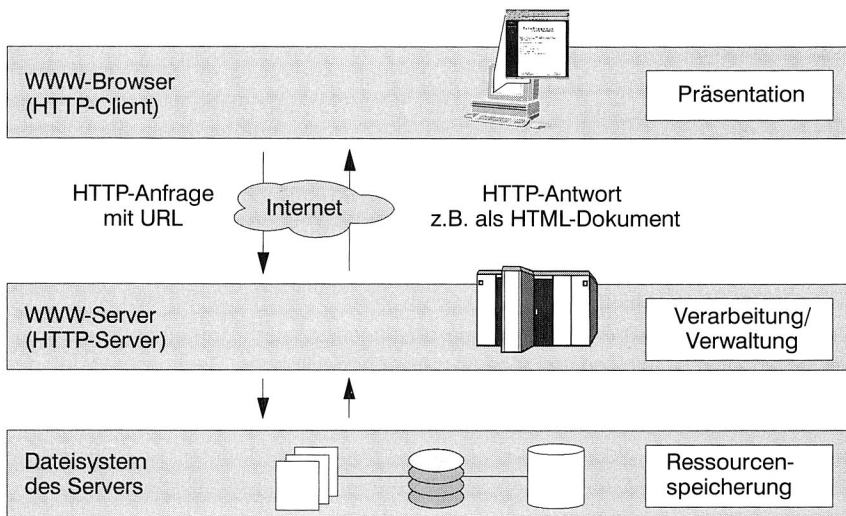


Bild 3-5: Das Kommunikationsprinzip des World Wide Web

Die Virtual Reality Modeling Language

Virtual Reality Modeling Language (VRML) ist eine Modellierungssprache zur Beschreibung dreidimensionaler Objekte zur Darstellung räumlicher Welten im WWW. Dem Betrachter stehen vielfältige Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung, um seine Position sowie seine Entfernung gegenüber den Objekten der VRML-Welt beliebig zu ändern und sich somit virtuell durch den Raum zu bewegen. Die aktuelle Version VRML 97 wurde als Internationaler Standard ISO/IEC 14772-1:1997 ratifiziert [150][22]. Eine vollständige Dokumentation zu VRML ist im WWW unter der Adresse [114] zu finden.

Die Modellierungssprache VRML wird zunehmend verstärkt in wissenschaftlichen und industriellen Anwendungen genutzt, beispielsweise zum Austausch von Produkt- und CAD-Daten. Im hier entwickelten Telediagnosesystem wird diese Technologie zur Visualisierung von Produktionsprozessen verwendet, und so die sich bietenden Möglichkeiten für den Einsatz im Rahmen einer Fernbetreuung aufgezeigt.

Prinzipiell besitzen die aus plattformunabhängigem ASCII-Text bestehenden VRML-Dateien immer die gleiche Struktur. Im Dateikopf wird das VRML-Dateiformat zur leichten Identifizierung festgelegt, wohingegen sich im Dateirumpf sowohl geometrische Daten als auch Informationen zur Ereignisverarbeitung, zu Prototypen, zum Scripting und zu weiteren VRML-Elementen befinden [47][48]. VRML-Dateien können Größen zwischen einigen Kilobytes und mehreren Megabytes umfassen, was stark differierenden Zeiten für das Herunterladen der Daten vom Server zur Folge hat. Ist die VRML-Datei auf dem Client vorhanden, so werden die Benutzeraktionen nur noch von dem lokalen Rechner verarbeitet [150].

Zur Visualisierung der Geometrien ist ein sogenannter VRML-Browser erforderlich, der beim Aufruf einer VRML-Datei diese einliest, den darin enthaltenen Text parst, interpretiert und für die Darstellung der ermittelten Geometrien auf dem Bildschirm sorgt. Im allgemeinen werden VRML-Browser in WWW-Browser integriert, so dass in HTML-Seiten eingebettete VRML-Objekte unmittelbar visualisiert werden können. Der VRML-Browser wird in die Funktionalität des WWW-Browsers entweder als Plug-In in den Netscape Navigator oder als ActiveX-Control in den Microsoft Internet-Explorer eingebunden. Eine einfache Szene einer Oberflächenfräsmaschine zeigt Bild 3-6. Über die Navigationsleiste mit ihren Steuerelementen kann der Betrachter sich interaktiv im dreidimensionalen Raum bewegen und Objekte untersuchen.

Für das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Telediagnosesystem sind drei Aspekte von VRML von besonderem Interesse, auf die nachfolgend eingegangen wird.

Der erste Punkt betrifft die Modellierung dreidimensionaler Geometrien, wie sie zur Darstellung von Maschinen und Werkzeugen benötigt werden. Die Beschreibung der grundlegenden geometrischen Elemente wie Kugeln, Quader oder Kegel erfolgt in VRML textuell in Form von Schlüsselwörtern und korrespondierenden Parametern. Die einzelnen Elemente werden über hierarchische Verknüpfungen zueinander in Beziehung gebracht, wodurch komplexere Modelle erzeugt werden können.

Die Verarbeitung von Ereignissen ist der zweite wichtige Aspekt. Hierunter versteht man in VRML die Reaktion auf Benutzeraktionen, wie z.B. das Aktivieren von soge-

nannten Sensoren mit der Maus, welche innerhalb der VRML-Datei definiert werden. Es existieren mehrere Arten von diesen "Fühlern", die zum einen nach einer gewissen Zeitspanne ein Ereignis auslösen können bzw. dann wenn der Benutzer ein Objekt selektiert. Diese Ereignisse werden gemeldet, registriert und entweder durch VRML selbst oder durch eine Anwendung weiterverarbeitet.

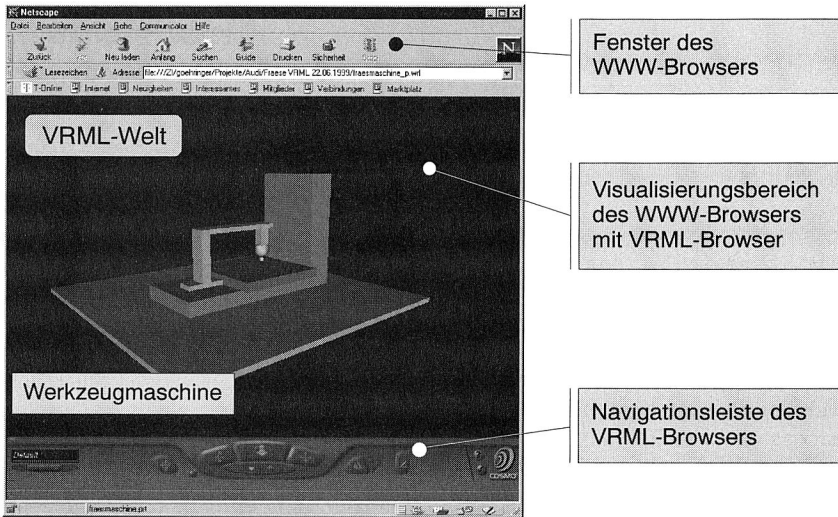


Bild 3-6: Ausführung des VRML-Browsers in einem WWW-Browser

Der dritte Punkt bezieht sich auf die Möglichkeit, durch außerhalb der VRML-Welt angesiedelte Applikationen mit dieser und deren Elementen zu kommunizieren, um beispielsweise Manipulationen von Positionen auszuführen. Realisiert wird dies durch die Programmierschnittstelle EAI (External Authoring Interface), die eine Verbindung zwischen der VRML-Welt und einer Programmiersprache schafft [33][102]. Hierdurch können im Telediagnosesystem die graphischen Kapazitäten von VRML und die Anpassbarkeit auf anwendungsspezifische Zielsetzungen vereinbart werden.

Das EAI wurde im Rahmen der Spezifikation von VRML 97 definiert, in der der Funktionsumfang des APIs (Application Program Interface), die Datentypen und die Definitionen der Schnittstellen beschrieben werden. Dieser Ansatz unterstützt mehrere Programmiersprachen, wozu auch die Internetsprache Java (siehe Kapitel 3.5.2) zählt, auf die sich auch die folgenden Erläuterungen beziehen.

Um von einem Java-Programm aus Zugriff auf eine im WWW-Browser geladene VRML-Welt und deren Elemente zu erhalten, muss ein Verweis auf den VRML-Browser ermittelt werden können (Bild 3-7). Dieser Verweis wird in Java in Form einer Referenz auf ein Objekt "Browser" repräsentiert und durch eine Methode des VRML-Klassenpakets des EAI bereitgestellt. [33]

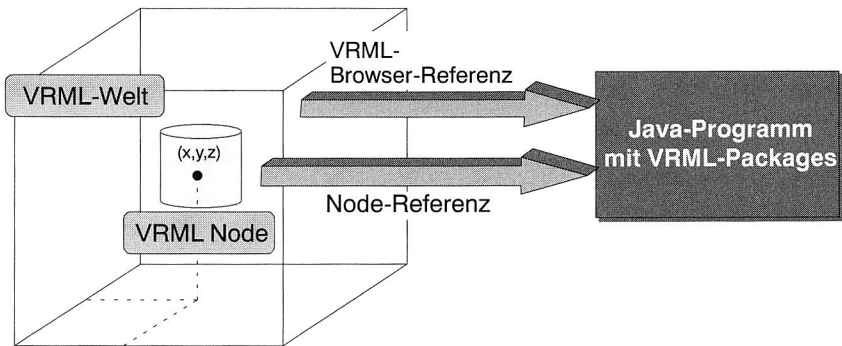


Bild 3-7: Referenzieren zwischen der VRML-Welt und einem Java-Programm

Mit diesem Verweis kann man konkret Nodes der VRML-Welt ansprechen. Als Nodes werden Knoten in der hierarchischen Struktur der Geometrien des dreidimensionalen Raumes bezeichnet, in denen Informationen bezüglich der Eigenschaften, wie z.B. Koordinaten, Farben oder generische Parameter in Form von Feldern abgelegt werden. In Bild 3-7 werden die Referenzen, die es einer in der Programmiersprache Java entwickelten Anwendung ermöglichen, gezielt auf Informationen zuzugreifen, graphisch veranschaulicht. In diesem Beispiel des Zylinders können mit Hilfe der Node-Referenz die Felder des Knotens durch das Java-Programm gelesen und manipuliert werden, um auf diesem Wege Veränderungen am Objekt vorzunehmen.

3.4.2 Multimedia im Internet

Die rechnergestützte Erstellung, Manipulation, Übertragung und Visualisierung digitaler Informationen, welche gekennzeichnet sind durch die Integration diskreter, zeitunabhängiger Medien wie Text und Graphik sowie kontinuierlicher, zeitabhängiger Medien wie Audio und Video, werden mit dem Begriff Multimedia veresehen. [144][72]

Das Internet und insbesondere das World Wide Web sind eine hervorragende Plattform zur Verbreitung und Darstellung multimedialer Informationen. Mit Standardwerkzeugen lassen sich schnell und unkompliziert HTML-Seiten erstellen und diese über Hyperlinks hierarchisch strukturieren und vernetzen. Durch die Integration audiovisueller Medien in die Seiten, was lediglich durch die Angabe eines Verweises auf die entsprechende Medien-Datei erfolgt, wird das weltumspannende WWW zu einem Multimedia-System. In diesem Zusammenhang spricht man auch von Hypermedia.

Der multimediale Datenaustausch, vor allem beim Einsatz kontinuierlicher Medien, stellt hohe Anforderungen an die Übertragungskapazitäten, die bis zu mehreren Mbit/s bei Videobildern reichen. Diese hohen Datenraten stehen in breitbandigen Netzen im Intranet zur Verfügung (Übertragungsraten von 10 Mbit/s und 100 Mbit/s im LAN). Im schmalbandigen Internet hingegen sind diese Anforderungen nur auf ausgewählten

Hochleistungsnetzen der Universitäten oder Unternehmen erreichbar, z.B. in dem Breitband-Wissenschaftsnetz B-WIN mit Kapazitäten von 34 bis 155 Mbit/s. Die klassische Übertragungsrate im Internet bei der Nutzung von Modems oder ISDN-Adaptoren liegt derzeit allerdings lediglich bei 56 bzw. 64 Kbit/s. Weiterhin kann das paketorientierte TCP/IP-Protokoll keinen ausschließlichen Kommunikationskanal zwischen zwei Endpunkten aufbauen, so dass feste Bandbreiten nicht garantierbar sind.

Allerdings gewinnt der Multimediaaspekt im Internet stark an Bedeutung, so dass Lösungen [23] zur Behebung der Schwachpunkte entwickelt wurden bzw. werden. Damit werden sich die Voraussetzungen für den Multimediaeinsatz bei der Telediagnose sehr schnell verbessern. Beispielsweise kommt zur Videoübertragung eine Push-Technologie zur Anwendung, bei der der Server nur die geänderten Informationen ohne Aufforderung an die Clients sendet, so dass annähernd ein kontinuierlicher Datenstrom realisierbar ist. Auch bei den Übertragungsraten im WAN-Bereich gibt es neue Entwicklungen, wie ATM (Asynchronous Transfer Mode) mit Datenraten bis zu 155 Mbit/s oder ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) mit Werten bis zu 8 Mbit/s.

3.5 Fortschrittliche Technologien und Konzepte zur Softwareentwicklung für das Internet

Zur Entwicklung leistungsfähiger Anwendungssoftware auf der Basis des Internets, wie das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Telediagnosesystem, bedarf es Technologien oder Programmiersprachen, die Interaktionen des Benutzers im an sich statischen Internet bzw. World Wide Web ermöglichen. Insbesondere bei industriellen Anwendungen wie der Telediagnose, ist oftmals die Notwendigkeit gegeben, dynamisch veränderbare Inhalte zu repräsentieren sowie Interaktionen des Anwenders zu erlauben und darauf adäquat zu reagieren. Mit der Dokumentenbeschreibungssprache HTML sind diese Funktionalitäten nicht realisierbar, da sie lediglich die passive Anforderung und Darstellung von statischen Dokumenten erlaubt. Von hohem Interesse im Zusammenhang mit der Interaktionsfunktionalität ist auch die Anbindung von Datenbanken über das Internet. Im folgenden sollen deshalb mögliche Werkzeuge zur Erstellung dynamischer Anwendungen im Internet und im WWW diskutiert werden.

3.5.1 Methoden für ein interaktives World Wide Web

Das Common Gateway Interface

Das derzeit am häufigsten eingesetzte Konzept, um statischen HTML-Seiten eine gewisse Dynamik zu verleihen, ist das Common Gateway Interface (CGI). CGI ist eine Schnittstelle zum Aufruf von Programmen auf dem Web-Server. Von der serverseitigen Anwendung werden dann dynamisch Dokumente in Abhängigkeit der Übergabewerte generiert. Das Spektrum der zur Entwicklung der Anwendungen einsetzbaren Programmiersprachen ist groß, da lediglich die CGI-Konventionen einzuhalten sind.

Hauptsächlich finden Skriptsprachen Verwendung, und hier insbesondere PERL. Es sind aber auch klassische Sprachen wie C, Pascal oder Java nutzbar.

Das Haupteinsatzgebiet von CGI liegt bei Problemstellungen, bei denen über in die HTML-Seiten integrierte Steuerelemente Benutzereingaben entgegengenommen und verarbeitet werden müssen. Aufgrund dieser Eingaben erzeugt die serverseitige Anwendung eine passende Ausgabe in Form einer HTML-Seite, die vom WWW-Server dem Client zur Darstellung übergeben wird. Im besonderen können CGI-Anwendungen über die Abfragesprache für Datenbanken, SQL (Structured Query Language) lesend und schreibend auf Datenbanken zugreifen.

Zur Verbreitung von CGI trägt, neben der einfachen Handhabung, in erster Linie die Unterstützung durch alle gängigen WWW-Server bei. Ein Nachteil ist die Performance dieses Mechanismus, da der Server für jede CGI-Anfrage die zugehörige Anwendung als eigenen Prozess starten muss, was vor allem bei mehreren Anfragen zu Geschwindigkeitseinbußen führt.

Die Skriptsprache JavaScript

Die von Netscape entwickelte Skriptsprache JavaScript verleiht den statischen HTML-Dokumenten eine dynamische Komponente, ähnlich wie CGI, allerdings mit einem anderen Mechanismus. Der in ASCII-Text zu schreibende JavaScript-Code wird entweder direkt in die HTML-Dokumente eingebunden oder in separaten Dateien hinterlegt. Beim Herunterladen der Web-Seite wird der eingebettete Quelltext zur Laufzeit lokal auf dem Client interpretiert. Hierfür ist in die WWW-Browser von Netscape und Microsoft ein entsprechender Interpreter integriert. Wichtig anzumerken ist, dass JavaScript kein Bestandteil von HTML ist. Allerdings sind die Programme nur in Verbindung mit HTML-Dateien in einem Browser ablauffähig, so dass die Realisierung unabhängiger Applikationen nicht möglich ist. JavaScript besitzt keine Beziehung zur Programmiersprache Java und erreicht deren Komplexität und Funktionalität bei weitem nicht.

Die ActiveX-Technologie

ActiveX von Microsoft ist eine weitere Technologie zur Dynamisierung des Internets und stellt ein konkurrierendes Konzept zu Java dar. ActiveX ist allerdings weder eine Programmiersprache noch eine spezielle Internet-Technologie, sondern bietet lediglich Mechanismen an, um, auf der Basis der hauseigenen Betriebssysteme, Windows-Programmen eine pseudo Internetfähigkeit zu verleihen. Die entwickelten Anwendungen, auch als ActiveX-Controls bezeichnet, lassen sich in HTML-Seiten integrieren. Somit können sie über das Internet verbreitet und lokal auf einem Client ausgeführt werden, allerdings nur unter Windows-Betriebssystemen. Zur Programmierung sind verschiedene Sprachen nutzbar, vielfach wird die Skriptsprache VBScript genutzt.

Die ActiveX-Technologie besitzt sehr schwerwiegende Nachteile, vor allem im Vergleich zu Java. ActiveX-Controls sind nicht in heterogenen Rechnerwelten lauffähig, sondern auf Systeme mit Windows-Betriebssystemen beschränkt, woraus die pseudo Internetfähigkeit resultiert. Zudem besitzen ActiveX-Controls konzeptbedingt das un-

eingeschränkte Zugriffsrecht auf alle Funktionen und Ressourcen des lokalen Clients, und sind deswegen mit einem ausgesprochen hohen Sicherheitsrisiko behaftet.

3.5.2 Die plattformunabhängige Programmiersprache Java

Zur Realisierung eines komplexen, netzwerkbasierten Softwaresystems, wie das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Telediagnosesystem, muss eine höhere Programmiersprache mit einem umfassenden Leistungspaket verwendet werden. Die bisher vorgestellten Technologien zur interaktiven Gestaltung des Internets sind entweder nur für einfache Problemstellungen geeignet oder besitzen eine begrenzte technische Funktionalität sowie eine eingeschränkte Internetfähigkeit. Mit der von Sun Microsystems speziell für Anwendungen im Internet entwickelten plattformunabhängigen und objektorientierten Sprache Java [34][83][78] steht ein Werkzeug zur Verfügung, das die gestellten Anforderungen erfüllt. In Java können sowohl komplizierte und dynamische Visualisierungen realisiert als auch aufwendige Algorithmen und somit logische Zusammenhänge dargestellt werden.

In der Telediagnose wäre es ein besonderer Vorteil, wenn der Anwender ein entsprechendes System von jedem beliebigen Standort und Rechner aus nutzen, und somit die anvisierten Maschinen diagnostizieren könnte. Allerdings erfordern konventionelle Programme die Installation von Softwarekomponenten auf dem Computer des Anwenders. Dagegen werden Java-Programme erst bei Bedarf über das Netzwerk auf den jeweiligen Rechner geladen und mit Hilfe einer Standardapplikation, wie einem WWW-Browser ausgeführt, ohne dass zusätzliche Software eingespielt werden muss. Als Rechnerplattform kann dabei nahezu jede Hardware und jedes Betriebssystem genutzt werden, ausgehend von Laptops und PCs auf der Basis von Windows bis zu unter Unix betriebenen Workstations. Dies wird als Plattformunabhängigkeit bezeichnet, die in Verbindung mit dem dynamischen Laden der Programme, die besondere Eignung der Sprache Java für die Entwicklung des dieser Arbeit zugrundeliegenden Telediagnosesystems ausmacht.

Technisch realisiert wird die Plattformunabhängigkeit durch das Prinzip der Java Virtual Machine, die eine Umgebung für die Ausführung von Java-Code bereitstellen, wobei eine Schnittstelle zum jeweiligen Betriebs- und Rechnersystem die Umwandlung in die systemspezifischen Sprachen gewährleistet [34].

Ein Java-Programm wird bei Bedarf vom Client über eine TCP/IP-Verbindung vom Server angefordert und heruntergeladen. Die Programme können als eigenständige Applikationen ausgeführt sein, die direkt an der Kommandozeile mit der Java Virtual Machine gestartet werden. Sie können auch als sogenannte Applets realisiert sein. Diese sind in eine WWW-Seite eingebettet und werden durch einen Java-kompatiblen Browser, in dem eine Virtual Machine integriert ist, über das Internet vom Server heruntergeladen und automatisch gestartet. Die Implementierung von Applikationen und Applets unterscheidet sich nur beim Programmeinstieg, in dem die entsprechende Differenzierung hinterlegt ist. Darüber hinaus folgen Applets und Applikationen den selben Grundsätzen bezüglich der Programmausführung auf Basis der Java Virtual Machine.

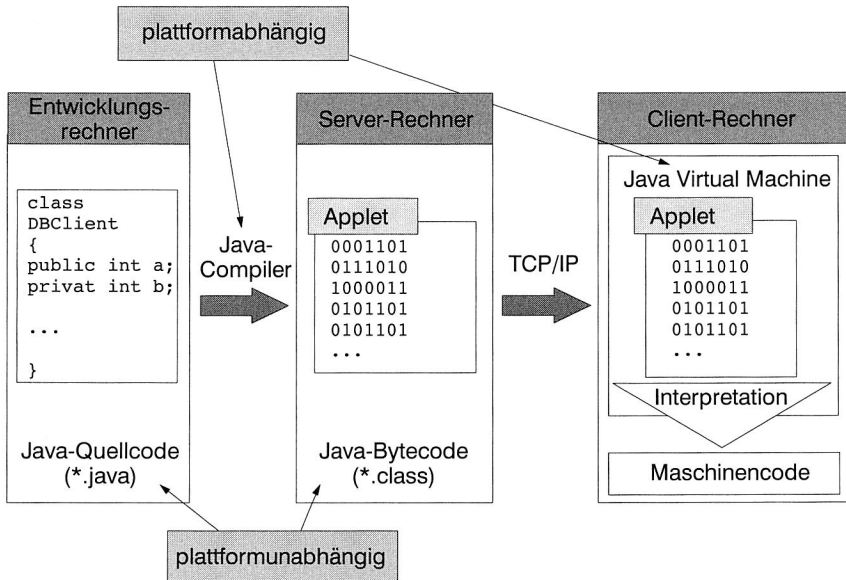


Bild 3-8: Plattformunabhängige Ausführung von Java-Programmen mit der Java Virtual Machine

In Java entwickelte Programme werden zunächst mit einem plattformabhängigen Compiler in einen Zwischencode übersetzt, den Java-Bytecode, der unabhängig von einem bestimmten Prozessor ist und über das Internet verteilt wird. Auf der Clientseite wird aus dem Bytecode ein ausführbares Programm generiert, indem mit der Java Virtual Machine der Code interpretiert und in einen rechner-spezifischen Maschinencode übersetzt wird. Durch diese Interpretation des Bytecodes zur Laufzeit wird ein Bindeglied zwischen den plattformunabhängigen Programmen und dem jeweiligen Rechnersystem geschaffen. Eine Java Virtual Machine ist für verschiedene Prozessor-typen und Betriebssysteme (z.B. Unix, Macintosh, Windows 95/NT) vorhanden, und realisiert die Plattformunabhängigkeit. Eine Virtual Machine ist nahezu auch in allen WWW-Browsern integriert, z.B. Microsoft Internet Explorer und Netscape Communicator, die wiederum annähernd auf jedem Rechner verfügbar sind. Ein Nachteil des Konzeptes von Java ist, dass interpretierter Code im Vergleich zu konventionellen Programmen per se langsamer ist. Dies kann aber aufgrund der schlanken Programme sowie durch den Einsatz leistungsstarker virtueller Maschinen teilweise kompensiert werden.

Neben den genannten Eigenschaften ist die Möglichkeit zur Netzwerk-Programmierung eine weitere Fähigkeit von Java, welche diese Sprache, speziell für das in der vorliegenden Arbeit entwickelte System zur Telediagnose via Internet, interessant macht. Auch der Sicherheitsaspekt, der vor allem im Internet von hoher Bedeutung ist, da unbekannte Programme auf den lokalen Rechner geladen und ausgeführt werden, wird

in Java sehr restriktiv gehandhabt. So ist der Zugriff auf Betriebssystemfunktionen des lokalen Rechners ausgeschlossen und der Mechanismus der Zeiger nicht integriert.

Das Java Application Interface (API) setzt sich aus mehreren einzelnen Paketen zusammen, z.B. für die Datenein- und -ausgabe, die Erstellung und Verwaltung graphischer Benutzeroberflächen oder für den Zugriff auf Datenbanken.

3.5.3 Grundlegende Prinzipien der Sicherheitstechnologien

Zur Abwicklung der Kommunikation im internetbasierten Telediagnosesystem ist die Anbindung unternehmensinterner Intranets an das globale Internet notwendig. Deshalb soll im folgenden auf die sicherheitstechnischen Maßnahmen eingegangen werden, die bei einem industriellen Einsatz des Systems zu ergreifen sind. Für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept sind von den Unternehmen aufeinander abzustimmende technologische und organisatorische Maßnahmen zu treffen. In technischer Hinsicht stehen prinzipiell folgenden Vorkehrungen zur Verfügung [153]:

- ☐ Absicherung des Intranets durch ein Firewallsystem
- ☐ Kryptographie (Verschlüsselung) zur Gewährleistung der Sicherheit der über das Internet übertragenen Daten gegenüber Abhörung oder Verfälschung
- ☐ Authentifikation und Autorisierung der Benutzer zur Regelung des abgestuften Zugriffs auf Rechner und Ressourcen
- ☐ Sicherheit gegenüber Computerviren

Die beiden letzten Aspekte werden nicht betrachtet, da sie keine spezifische Problematik des Internets sind und im Intranet eines Unternehmens geregelt sein müssen.

Firewallsystem zur Realisierung der Netzsicherheit

Ein Firewall ist ein System aus Hard- und Software, das als Schnittstelle zwischen dem internen und dem öffentlichen Netz installiert wird, mit dem Ziel unberechtigte Zugriffe auf die lokalen Rechner und Daten eines Unternehmens zu verhindern. Über die Firewall (Brandschutzmauer) wird die gesamte Kommunikation zwischen den Netzen abgewickelt, so dass jedes Datenpaket diesen Übergang passieren muss und dabei kontrolliert werden kann [63]. Grundsätzlich sind zwei verschiedene Firewallkonzepte vorhanden, die mit unterschiedlichen Strategien arbeiten.

Bei einem Paketfilter wird jedes einzelne TCP/IP-Paket nach bestimmten Regeln überprüft und entweder zurückgewiesen oder durchgelassen. Die Filterung wird einerseits nach der Portnummer des Quell- und Zielrechners, welche typisch für einen bestimmten Internetdienst ist sowie andererseits nach der IP-Adresse des Absenders und des Empfängers vorgenommen. Die Nachteile von Paketfiltern sind, dass die Kommunikation nur über vorab definierte Portnummern möglich ist und, dass über einen freigeschalteten Port ein anderes Protokoll geschickt werden kann, da lediglich eine Überprüfung von Portnummer und IP-Adressen erfolgt.

Das Application Level Gateway besitzt die Problematik der Paketfilter nicht, allerdings verursacht es einen höheren technischen Aufwand. Dieses Firewallkonzept arbeitet auf der Anwendungsebene des ISO/OSI-Referenzmodelles und lässt gemäß vorgegebener Regeln Verbindungen zwischen externen und internen Rechnern zu oder nicht. Dazu gibt es für jedes Protokoll der Anwendungsebene einen eigenen sogenannten Proxy-Server [60], der aufgrund seines spezifischen Wissens über den Dienst, kontextbezogene Sicherheits- und Protokollierungsmaßnahmen veranlassen kann, z.B. derart, dass für einen bestimmten Dienst nur ausgewählte Ports nutzbar sind. Wird nun von einem Client aus ein Zugriff auf einen internen Server gestartet, so landet die Anfrage zunächst bei dem zuständigen Proxy. Dieser kann das benutzte Protokoll auswerten und entscheiden, ob er dem Verbindungswunsch nachkommt oder nicht [36]. Eine zulässige Anfrage wird dann von ihm in seinem Namen an den jeweiligen Server weitergeleitet. Im Gegenzug übergibt der Server die angeforderten Daten zunächst an den Proxy, der sie dann an den Client weiterleitet. Für den Benutzer erscheint der Proxy hierbei transparent. Ein Proxy kann zusätzlich auch als Cache fungieren. Diese Funktionalität wird dazu genutzt, angeforderte Daten zwischenspeichern, so dass bei einer erneuten Anfrage derselben Daten diese direkt aus dem Cache geladen werden.

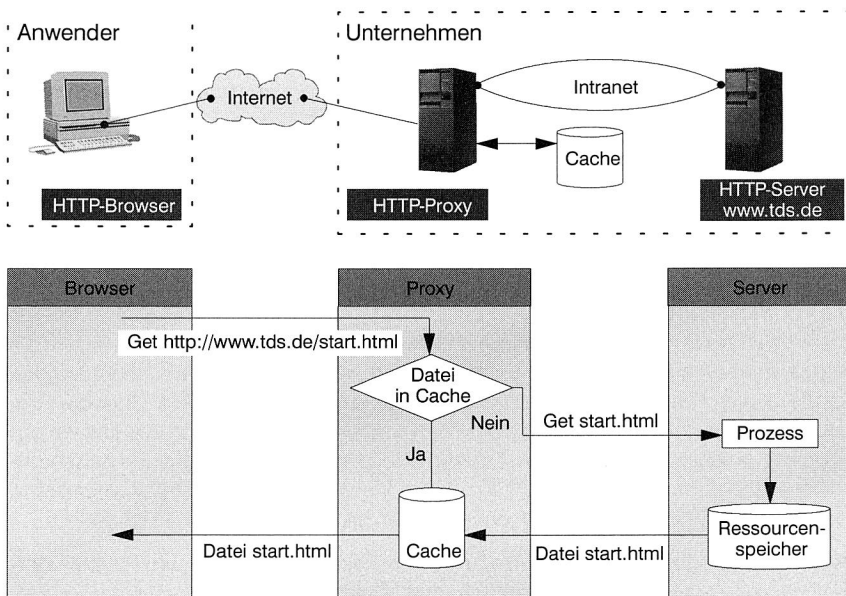


Bild 3-9: Ein Proxy als Mittler zwischen Server und Client am Beispiel des Zugriffs über das HTTP-Protokoll

Neben dem Application Gateways gibt es noch die Circuit Level Gateways, die auf der Transportebene (TCP-Protokoll) arbeiten. Diese Firewalls überprüfen die Zulässigkeit einer Verbindung, überwachen den Aufbau und lassen dann die Daten passieren. [63]

Jedes der beschriebenen Firewallkonzepte verfügt über spezifische Vorteile, so dass durch die Kombination der Technologien zu einer optimalen Lösung für die Anwendungen und das Unternehmen gelangt werden kann. Angestrebt werden sollte ein mehrstufiges Konzept, welches z.B. für die Öffentlichkeit bestimmte Dienste (WWW-Server) in einem eigenen Subnetz, isoliert vom übrigen Intranet, zur Verfügung stellt. [63]

Datensicherheit durch Verschlüsselungstechniken

Im Internet wird der Transport der Daten über nicht abhörsichere öffentliche Weitverkehrsnetze abgewickelt, weswegen bei der Übertragung sensibler Daten eine Verschlüsselung, auch Kryptographie genannt, vorgenommen werden sollte. Derzeit kommen hierzu vor allem das Secure Socket Layer-Protokoll (SSL) und das Secure Hypertext Transfer-Protokoll (S-HTTP) zur Anwendung.

Beide Verfahren basieren auf Schlüssel-Mechanismen zum Chiffrieren und Dechiffrieren der Daten beim Sender und Empfänger. Bei dem symmetrischen Private-Key-Verfahren wird der gleiche Schlüssel von beiden Partnern zum Ver- und Entschlüsseln der Daten genutzt. Die Problematik dieses Verfahrens liegt darin, dass der geheime Schlüssel zunächst zwischen den Teilnehmern ausgetauscht werden muss. Bei dem asymmetrischen Public-Key-Verfahren hingegen besitzt jeder Kommunikationspartner ein eigenes Schlüsselpaar, bestehend aus einem öffentlichen Schlüssel, der allen Teilnehmern zugänglich ist, und einem privaten Schlüssel, der geheim gehalten wird. Daten können nun mit Hilfe des öffentlichen Schlüssels des Empfängers chiffriert und nur von diesem mit seinem privaten Schlüssel dechiffriert werden.

Das SSL-Protokoll erweitert das Transportprotokoll um einen sicheren Kanal, indem es auf die Socket-Schnittstelle eine zusätzliche Schicht aufsetzt. Diese befindet sich unterhalb der Anwendungsebene, so dass die Sicherheitsmerkmale für deren Protokolle zur Verfügung stehen. Vor der eigentlichen Datenübertragung wird zwischen den Kommunikationspartnern mit dem Public-Key-Verfahren eine Initialisierung vorgenommen, in dem die Sicherheitsstufe, die Echtzeitbestätigung durch Zertifikate und der symmetrische Sitzungsschlüssel ausgetauscht werden, der dann für den eigentlichen Datenaustausch genutzt wird. Die gängigen Browser, wie der Netscape Communicator und der Microsoft Internet Explorer, unterstützen das SSL-Protokoll. [63][95]

Das S-HTTP-Protokoll ist eine Erweiterung von HTTP und somit nur hierfür nutzbar [128][63]. Die einzelnen Nachrichten werden bei dieser Technologie gekapselt und zur Übertragung verschlüsselt. S-HTTP unterstützt verschiedene symmetrische und asymmetrische Verfahren für den initialen Handshake und zur Chiffrierung. Welche Verfahren für eine konkrete Verbindung zur Anwendung kommen, handeln die beiden Kommunikationspartner dynamisch aus. Die Vorzüge von S-HTTP sind die Variationsbreite der einsetzbaren kryptographischen Verfahren sowie die Möglichkeit zum Austausch digitaler Unterschriften zwischen den Kommunikationspartnern. [61]

Organisatorische Maßnahmen

Neben den vorgestellten technischen Maßnahmen muss auch in organisatorischer Hinsicht jeder einzelne Anwender in ein umfassendes Sicherheitskonzept mit einbezo-

gen werden. Denn die weitaus größte Zahl möglicher Sicherheitslücken wird durch die Mitarbeiter selbst verursacht, z.B. indem Passwörter weitergegeben werden oder mit einem internen Modemanschluss der Firewall umgangen und so Außenstehenden eine Verbindung in das Intranet am Firewall vorbei ermöglicht wird.

Zur Erstellung eines Sicherheitskonzeptes für ein Unternehmen ist eine Analyse zur Ermittlung des sinnvollen Maßes an Sicherheit notwendig. Diese muss unter der Prämisse erfolgen, dass eine 100 %-ige Sicherheit nicht realisierbar ist und mit zunehmendem Einsatz sicherheitstechnischer Maßnahmen der administrative und kostenmäßige Aufwand stark ansteigt. Auch für die Mitarbeiter erhöhen sich hierdurch unter Umständen die Aufwendungen zur Durchführung einer Transaktion, was zu einem bewussten Umgehen der getroffenen Vorkehrungen führen kann.

3.6 Potenziale durch den Einsatz des Internets in produzierenden Unternehmen

Die Informations- und Kommunikationstechnologie und vornehmlich das globale Internet ermöglichen die Erschließung vielfältiger und innovativer Anwendungsfelder sowohl im privaten als auch im öffentlichen und wirtschaftlichen Bereich. Zu nennen sind hier exemplarisch Gebiete wie der E-Commerce, das Online-Banking oder diverse Informationssysteme. Für Unternehmen des produzierenden Sektors eröffnen sich neue Chancen zum Ausbau und Neuaufbau von Geschäftsfeldern, zur Erschließung neuer Absatzmärkte sowie zur Schaffung fortschrittlicher Kooperationsformen. Die entscheidenden Erfolgsfaktoren in diesem Zusammenhang sind der interne und externe Austausch von Informationen, die durchgängige, datentechnische Verknüpfung von Büro- und Produktionsbereich sowie die Kommunikation der Mitarbeiter. Die ideale technische Basis hierfür ist das Internet, in Verbindung mit der umfassenden Anwendung von verteilten Softwaresystemen. In den folgenden Ausführungen sollen verschiedene innovative Anwendungsfelder umrissen werden (Bild 3-10).

Die permanenten Verbesserungen in den Bereichen der Kommunikations- und Softwaretechnologie führen zu einer höheren Integrationsfähigkeit der Programme. Auf dieser Basis kann die Entwicklung fortschrittlicher Softwaresysteme erfolgen sowie deren Einbindung in ein netzwerkbasiertes, unternehmensweites Gesamtkonzept. Die Weiterführung dieser Bestrebungen, in Verbindung mit dem Ausbau der Kommunikationsnetze, schaffen die Voraussetzungen zur Realisierung von global tätigen virtuellen Unternehmen. Es sind weltweite Telekooperationen über das Internet durchführbar, die sich auf die gesamte Prozesskette, von der Entwicklung über die Produktion bis zum Service erstrecken können, zur Nutzung der sich bietenden Potenziale bezüglich Zeit, Kosten und Know-how. Ein wichtiges Werkzeug sind hierbei rechnergestützte Telekooperationssysteme [24], zur synchronen Kommunikation mehrerer Teilnehmer.

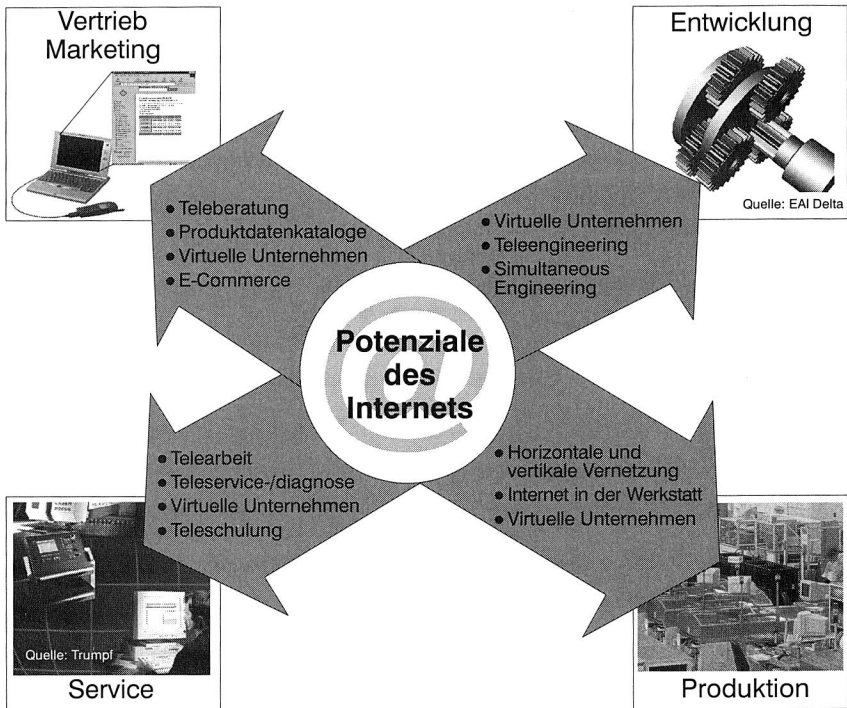


Bild 3-10: Anwendungsfelder des Internets in produzierenden Unternehmen

Ein entscheidendes Defizit des konventionellen Produktentwicklungsprozesses liegt in den langen Entwicklungszeiten, die durch den Einsatz neuer Methoden und Werkzeuge verkürzt werden müssen. Eine wichtige Strategie hierbei ist das unter dem Begriff Simultaneous Engineering bekannte zeitparallele Entwickeln von Produkten. Zur Nutzung des Potenzials dieser organisatorischen Methode, bezüglich Verkürzung der Entwicklungszeiten und Effizienzsteigerung, ist auch hier die Unterstützung durch Kooperationswerkzeuge notwendig [20]. Die Ausdehnung des Simultaneous Engineering auf weltweit verteilte Entwicklungsstandorte mit dem Einsatz des Internets kann als Teleengineering bezeichnet werden.

Ein derzeit noch kaum genutztes Einsatzpotenzial des Internets ist im Produktionsbereich zu sehen, vor allem in der Kommunikation zwischen Mitarbeitern [2], zwischen Maschinen [10] sowie zwischen Mensch und Maschine [12]. Der zunehmende Einzug der elektronischen Datenverarbeitung in diesem Bereich schafft die Voraussetzungen für die horizontale informationstechnische Vernetzung innerhalb der Produktionsebene sowie deren vertikale Anbindung an übergeordnete Ebenen. In [153] wird ein solches Szenario für einen zukünftigen Arbeitsplatz in der Werkstatt auf Basis der Internet-Technologien geschildert. Es wird dargestellt, wie mittels einer einheitlichen,

WWW-basierten Benutzerschnittstelle der transparente Zugriff auf die zur Produktion benötigten Informationen erfolgt. Das Spektrum reicht von den Konstruktionsunterlagen, über die Arbeitspläne und Auftragsdaten bis zu den Prüfplänen. Als Mensch-Maschine-Schnittstelle dient die netzwerkfähige Maschinensteuerung oder ein separater Arbeitsplatzrechner mit einer Multimedia-Ausstattung. Das in dieser Arbeit entwickelte Telediagnosesystem stellt einen Ansatz dar, zur Erschließung des bisher kaum genutzten Potenzials des Internets in der industriellen Produktion.

Für die Geschäftsbereiche Vertrieb und Marketing ist das Internet, mit seinen elektronischen Präsentations- und Verkaufsmöglichkeiten, eine neue Plattform zum Absatz von Produkten sowie zur Pflege von Kundenbeziehungen. Mit stark ansteigender Tendenz nutzen die Konsumenten den elektronischen Verkauf von Waren und Dienstleistungen über das Internet, der als E-Commerce bezeichnet wird. Die Vorteile sind in der permanenten und schnellen Verfügbarkeit der Online-Shops zu sehen. Für die Unternehmen liegen die sich bietenden Chancen im E-Commerce selbst, aber auch in der globalen und umfassenden Präsentation der Produkte in internetfähigen Produktdatenkatalogen, sowie in der Angabe der regional zuständigen Vertriebsabteilungen und -mitarbeiter, mit der direkten elektronischen Kontaktmöglichkeit per Email.

Die Telearbeit ist auch für produzierende Unternehmen ein interessantes Konzept zur Gestaltung zukünftiger Arbeitsstrukturen. Ermöglicht wurde diese erst durch die Verbreitung des Internets, da hiermit die standortunabhängige Kommunikation der Mitarbeiter sowie der einfache Datenaustausch mit Unternehmensservern erfolgen kann. Die Telearbeit bietet sowohl für die Unternehmen als auch für die Mitarbeiter Potenziale [127], bezüglich Flexibilität, Motivation und Kostenreduzierung. Die Bedeutung der Telearbeit wurde auch vom Bundesministerium für Bildung und Forschung erkannt [96], welches im Rahmen eines Pilotprojektes die internetbasierte Telearbeit fördert.

Die vorgestellten Szenarien sollten einen kurzen Einblick in die möglichen und in Ansätzen bereits genutzten Potenziale der Internet-Technologien in produzierenden Unternehmen geben. Aufgrund des rasanten Ausbaus des Internets und den sehr agilen Entwicklungen bei verteilten Softwaresystemen wird dieses Medium zukünftig eine noch sehr viel bedeutendere Rolle in der Industrie spielen.

4 Konzeption des integrierten Telediagnosesystems für Produktionssysteme

Auf der Basis einer Analyse von Defiziten vorhandener Lösungen zur Fernbetreuung ist ein neues Konzept für ein integriertes Telediagnosesystem entwickelt worden. Es wurden innovative Ansätze erarbeitet und moderne Technologien zum Einsatz für die Telediagnose analysiert und adaptiert, um ein netzwerkfähiges, verteilt einsetzbares Softwaresystem auf der Basis des Internets zu realisieren. Die herausragenden Aspekte sind der integrierende Ansatz, der die lokale Maschinendiagnose und die Telediagnose in einem gemeinsamen System verbindet sowie die durchgängige Rechnerunterstützung bei der Problemlösung an Produktionssystemen. Die Verwendung der Kommunikations- und Softwaretechnologien des Internets ermöglicht die standortunabhängige Nutzung des Telediagnosesystems auf beliebigen Rechnerplattformen. Ein Kernpunkt der vorliegenden Arbeit ist deshalb die Analyse und Anwendung der Technologien des Internets zum Einsatz für die Telediagnose von Produktionssystemen.

Der Entwurf des Systems beinhaltet sowohl den strukturellen Aufbau, mit den eingesetzten Komponenten und den hierarchisch gestuften Einsatzszenarien als auch die konzeptionelle Beschreibung der einzelnen Programme. Von Bedeutung ist zudem die zur Entwicklung und für den Einsatz des Telediagnosesystems genutzte Hard- und Software, weswegen diese in ihrer Struktur vorgestellt wird. Ein entscheidender Punkt ist die Akzeptanz des Systems bei den Benutzern, so dass, im Rahmen eines industriellen Einsatzes, das Gesamtpaket und die einzelnen Programme von Maschinenbedienern einer praxisorientierten Beurteilung unterzogen wurden. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse und der systematischen Bewertung der einzelnen Programme kann für die Entscheider eine fundierte und stufenweise Einsatzstrategie formuliert werden.

4.1 Bewertung der Leistungsfähigkeit bestehender Ansätze zur Telediagnose

Die in Kapitel 2.7 vorgestellten Lösungen zur Telediagnose sind erste Ansätze in Richtung einer ganzheitlichen, telekommunikativen Betreuung von Produktionssystemen aus der Ferne. Sie stellen erhebliche Fortschritte im Vergleich zur konventionellen Störungsbehebung dar, so dass den einsetzenden Unternehmen große Vorteile hinsichtlich Kosten- und Zeitaufwand entstehen.

Das Spektrum der Telediagnose umfasst dabei eine Vielzahl von rechnergestützten Anwendungen unterschiedlicher Komplexität, wobei die Unterstützung der Benutzer von der einfachen Übertragung einzelner Daten bis zu leistungsfähigeren Systemen mit einer breiten Datenbasis und multimedialen Werkzeugen reicht. In annähernd allen Fällen sind die Systeme derzeit derart strukturiert, dass durch die Wählverbindung zweier Modems die Maschinensteuerung des Kunden mit einem Telediagnoserechner in der Servicezentrale des Herstellers verbunden ist. Über eine analoge Telefon- oder digitale ISDN-Leitung erfolgt entweder der Transfer der Diagnosedaten oder der Informationen zur Ferndarstellung der Bedienoberfläche (siehe auch Kapitel 2.6.2).

Die den einzelnen Telediagnoseanwendungen zugrundeliegenden Konzepte, und somit die Lösungen selbst, besitzen erhebliche Defizite, die insbesondere bei der ganzheitlichen Betreuung komplexer Systeme, wie beispielsweise Werkzeugmaschinen und Bestückautomaten, an ihre Leistungsgrenzen stoßen und den Anforderungen nicht mehr oder nur noch eingeschränkt genügen. [28]

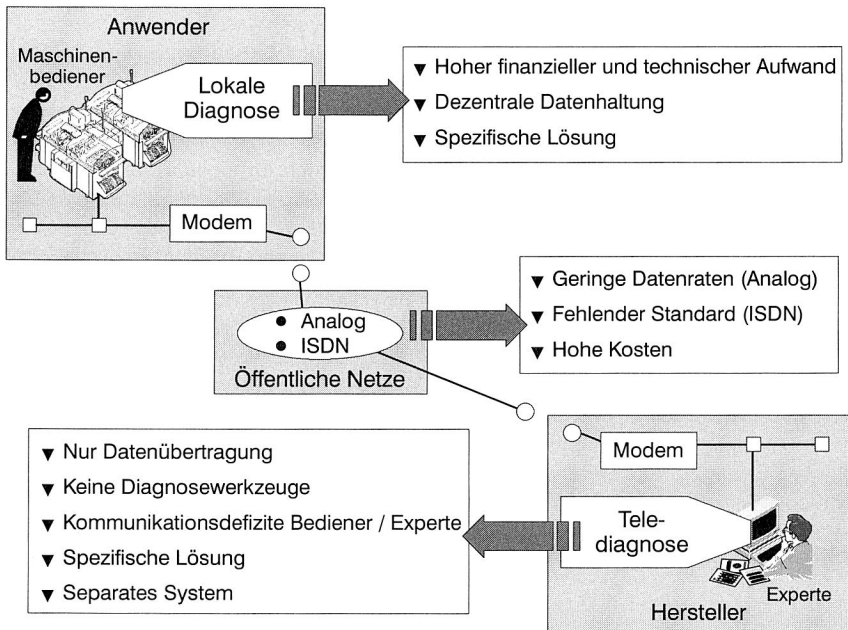


Bild 4-1: Defizite aktueller Lösungen zur Telediagnose

Folgende prinzipielle Schwachstellen sind vorhanden:

- ☐ Konventionelle Lösungen realisieren vielfach nur eine einfache Datenübertragung, um Fernabfragen von Steuerungen durchzuführen, auf einzelne Sensorwerte zuzugreifen oder Bildschirmhalte darzustellen. Integrierte Softwarewerkzeuge mit rechnerbasierten Diagnosesystemen zur Unterstützung des Anwenders bei einer Störung werden nicht zur Verfügung gestellt, obwohl diese den Prozess der Ursachenidentifizierung und der Fehlerbehebung effizient beschleunigen könnten.
- ☐ Die Kommunikation zwischen Maschinenbediener und Experten stellt einen weiteren Schwachpunkt dar, da der Informationsaustausch derzeit häufig lediglich über Telefon abgewickelt wird. Die Möglichkeiten zum Austausch multimedialer Daten mit neuen Werkzeugen der Informations- und Kommunikationstechnologie werden kaum genutzt. Diese Situation führt häufig zu Missverständnissen, da der Experte aufgrund des telefonischen Informationsaustausches nicht immer die richtige Diagnose stellen und die Fehlerbehebung nicht kontrollieren kann.

- ☐ Aktuelle Systeme sind spezifische Realisierungen, die für einen Anwendungsfall ausgelegt und nur aufwendig auf andere Problemstellungen übertragbar sind, da keine Verwendung einheitlicher Standards und Schnittstellen gegeben ist.
- ☐ Komplexere Maschinen sind häufig herstellerseitig mit lokalen Diagnosesystemen ausgestattet. Diese stoßen bei den Kunden allerdings nur auf eine geringe Akzeptanz, da sie nur selten genutzt werden und einen hohen Kosten- und Pflegeaufwand verursachen [53][79]. Der Kunde erwartet jedoch trotzdem, dass er, mit der Unterstützung durch entsprechende Werkzeuge, die Behebung kleinerer Fehler selbst durchführen und bei problematischeren Fällen die Dienste des Herstellers in Anspruch nehmen kann.
- ☐ Die Datenbasis lokaler Diagnosesysteme verfügt konzeptbedingt nie über das aktuelle Fehlerwissen, was zur Folge haben kann, dass neue Fehler bei einem Kunden bereits gelöst sind, während sie bei einem anderen noch zu langen Störzeiten führen. Vielfach müssen Servicetechniker deswegen dasselbe Problem unabhängig voneinander mehrmals beheben. Dies ist besonders bei der Einführung neuer Maschinengenerationen eine häufig auftretende Situation. Das Update des Wissens für die lokalen Diagnosesysteme ist für die Hersteller nur mit einem sehr hohen Zeit- und Personalaufwand zu realisieren, der kaum zu rechtfertigen ist, insbesondere da der Wissensstand in kürzester Zeit wieder veraltet ist.
- ☐ Als Kommunikationsmedium zur Datenübertragung wird, wegen seiner weltweiten Verbreitung, meistens das analoge Telefonnetz genutzt. Zur Erzielung höherer Datenraten kommen ISDN-Verbindungen zum Einsatz, allerdings ist diese Technik nicht weltweit verfügbar und besitzt kein einheitliches Protokoll. Heutige Möglichkeiten globaler Netzwerke werden nicht ausgeschöpft. Insbesondere die Kombination der Telediagnose mit modernen Technologien des Internets würden weitere Potenziale hinsichtlich der Kostensenkung, der Implementierung verteilter Systeme mit standardisierten Schnittstellen, der globalen Bereitstellung multimedieller Informationen und der Entwicklung netzwerkorientierter Applikationen eröffnen.
- ☐ Ein übergreifendes Problem ist, dass die lokalen Diagnosesysteme und die Telediagnosesysteme völlig separate Anwendungen darstellen. Dadurch sind zwei Programme zu pflegen, die keine einheitliche Bedienung und Funktionalität aufweisen und zudem nicht auf einen identischen Wissensbestand zugreifen.

4.2 Strukturierung der Anforderungen an das integrierte Telediagnosesystem

Aus den vorab erörterten Defiziten sowie konstruktiven Diskussionen mit Anbietern und Nutzern wurden eine Reihe von Anforderungen formuliert, um die Grundlage für die Entwicklung eines innovativen Telediagnosesystems zu schaffen, das den Anwendern direkt an der Maschine oder aus der Ferne mit leistungsfähigen und effizienten Werkzeugen unterstützt.

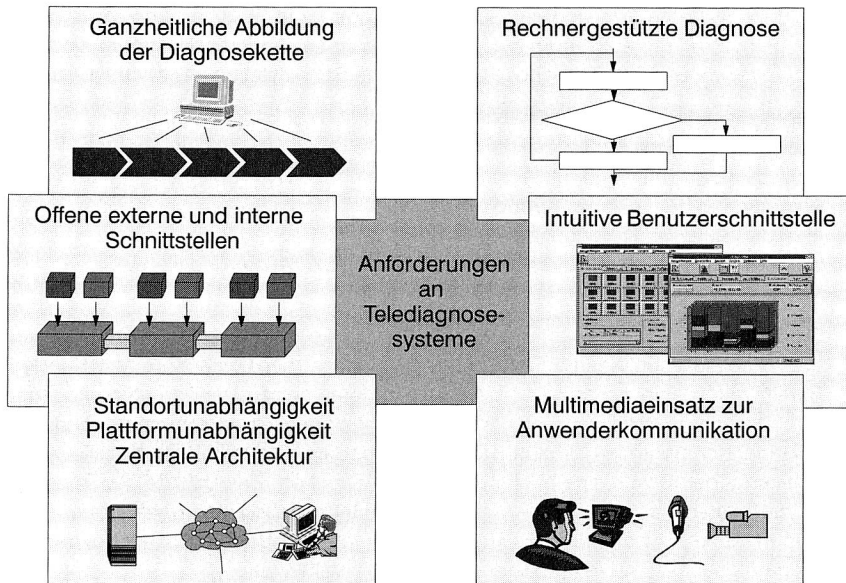


Bild 4-2: Strukturierung der Anforderungen

4.2.1 Allgemeine Anforderungen

Um dem gestellten Anspruch, ein integriertes Telediagnosesystem zu entwickeln, gerecht zu werden, muss die gesamte Prozesskette der Diagnose rechner technisch unterstützt werden, unter Berücksichtigung der differierenden Anforderungen der verschiedenen Anwender. Das Softwaresystem muss hierfür aus mehreren modularen Programmen mit unterschiedlichen Aufgabenspektren aufgebaut werden, die in der Kombination eine ganzheitliche Betreuung ermöglichen. Die einzelnen Bausteine sollten dabei physikalisch verteilt ablegbar sein und durch das Internet logisch verknüpft werden.

4.2.2 Benutzerfreundlichkeit der Anwenderschnittstelle

Die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion besitzt eine hohe Bedeutung bezüglich der gezielten und strukturierten Bereitstellung von Informationen, so dass diese schnell und eindeutig interpretierbar sind. Deswegen ist bereits in der Systemkonzeption die Partizipation der späteren Nutzer zu berücksichtigen. Ziel ist es, das Softwaresystem mit dem der Anwender interagiert, an dessen Eigenschaften und Bedürfnisse anzupassen, um eine hohe Akzeptanz und einen möglichst hohen Nutzen der vorhandenen Programmfähigkeiten und -funktionen zu erreichen [6]. Erfüllt wird dies durch

die benutzerfreundliche, auf Standards basierende Gestaltung der Oberflächen, die einfache und intuitive Bedienung des Systems sowie die aussagekräftige graphische Informationsdarstellung. Ein übergreifender Aspekt ist die möglichst hohe Integration der einzelnen Programme, so dass das Gesamtsystem eine homogene Anwenderschnittstelle bietet, deren Komponenten einfach und weitgehend einheitlich zu bedienen sind. Durch den Einsatz des Internets mit den Konzepten des World Wide Web und den dazugehörigen Browsern werden die genannten Aspekte unterstützt.

4.2.3 Standort- und plattformunabhängiges System mit zentraler Architektur

Mit dem Telediagnosesystem wird eine Standortunabhängigkeit angestrebt, die es dem Anwender gestatten soll, sich von jedem beliebigen Ort aus, ein möglichst realitätsnahes Bild von der Situation am Produktionssystem zu machen, um auf dieser Basis zielsichere Diagnosen zu erstellen. Erreichbar ist dies, durch die Nutzung entsprechender Werkzeuge der Software- und Kommunikationstechnik des Internets.

Eine weitere Anforderung bezieht sich auf die Plattformunabhängigkeit, mit der die Nutzung des Systems unter der gängigen Rechnerhardware und den üblichen Betriebssystemen möglich sein soll. Eine Sonderlösung diesbezüglich und auch hinsichtlich der betrachteten Produktionssysteme ist unbedingt zu vermeiden, um eine Adaption auf beliebige Maschinen und die breite Nutzung durch verschiedene Unternehmen zu erreichen.

Anzustreben ist auch eine zentrale Architektur, bei der die Wissensbasis mit den Diagnoseinformationen sowie die einzelnen Programme serverseitig bereitgestellt werden, und die Ausführung der Anwendungen auf dem Clientrechner erfolgt. Die Problematik differierender Wissensstände auf den Kundenmaschinen und in der Servicezentrale wird hierdurch vollkommen vermieden. Analog ist dies auch auf die Programme übertragbar, die stets in der aktuellen Version auf dem Server vorliegen und nur bei Bedarf heruntergeladen werden. Die kostenintensive und aufwendige Installation eines wenig genutzten lokalen Diagnosesystems entfällt somit. Dieses Konzept der zentralen Architektur kann durch das Internet mit den WWW-Servern und -Browsern sowie der Programmiersprache Java hervorragend umgesetzt werden.

Die genannten Faktoren Standortunabhängigkeit, Plattformunabhängigkeit und zentrale Architektur sind die wesentlichen Konzepte zur Bildung des integrierten Ansatzes des Telediagnosesystems, der die parallele Nutzung der Programme zur lokalen Diagnose und zur Fernbetreuung eröffnet.

4.2.4 Rechnergestütztes Diagnosesystem mit hybrider Wissensbasis

Im Gegensatz zu konventionellen Telediagnosesystemen, bei denen die Diagnose lediglich durch die Übertragung von Daten realisiert ist, soll der Kern des hier entwickel-

ten Softwaresystems von einem rechnergestützten, netzwerkorientierten Diagnoseprogramm gebildet werden, das via Internet aufrufbar und nutzbar ist. Dieses Werkzeug soll sowohl dem Maschinenbediener als auch dem Serviceexperten bei der Problemlösung mit Hilfe leistungsfähiger Strategien unterstützen, wobei als Voraussetzung zur Anwendung des Diagnoseprogramms lediglich ein internetfähiger Rechner mit einem javafähigen WWW-Browser notwendig sein soll.

Die Diagnose ist eine mehrstufige Prozesskette, bei der ausgehend von dem erkannten Fehler die verantwortliche Ursache ermittelt und eine geeignete Fehlerbehebungsmaßnahme ergriffen wird. Zur Entwicklung des Diagnoseprogramms soll ein wissensbasierter Ansatz, mit der Kombination verschiedener Wissensarten zugrunde gelegt werden, um auf diese Weise die spezifischen Stärken der einzelnen Beschreibungsmethoden optimal zu nutzen und einen adaptiven Charakter bezüglich verschiedener Produktionssysteme zu erzielen.

Die Erfassung von Daten an der Maschine und deren permanenter Vergleich mit vorgegebenen Sollwerten dient zur Erkennung auftretender Fehler. Die Problemlösungs- bzw. Inferenzkomponente übernimmt die rechnergestützte Verarbeitung, indem sie aus den erfassten Daten die signifikanten Symptome ermittelt und diese, mit dem technischen Wissen über das Produktionssystem, zur Findung der Fehlerursache verwendet. Die Bereitstellung von manuell durchzuführenden oder automatisch anzustoßenden Therapiemaßnahmen schließt die Prozesskette ab.

Funktional betrachtet muss das Diagnoseprogramm folgende rechnergestützte Module mit den angegebenen Aufgabenspektren bereitstellen:

- ☐ Wissensrepräsentation
Rechnergestützte Abbildung des diagnoserelevanten Wissens der Experten über den Aufbau, die Funktionen und die Fehler-Ursachen-Strukturen des Produktionssystems
- ☐ Wissensakquisition
Erfassung des Fakten- und Erfahrungswissens von Experten über das Produktionssystem und Formalisierung dieses Wissens zur rechnerinternen Abbildung
- ☐ Wissensverarbeitung
Problemlösungs- bzw. Inferenzwerkzeug mit Strategien zur Ermittlung der Fehlerursache und zur Erklärung der internen Prozesse gegenüber dem Benutzer sowie zur Bereitstellung multimedialer Maßnahmen zur Fehlerbehebung

Als Ergänzung und Erweiterung des Diagnoseprogramms soll ein Analysewerkzeug bereitgestellt werden, das die Auswertung sehr großer, manuell nicht mehr überschaubarer Datenbestände vornehmen kann, die gebildet werden durch die Erfassung der Maschinen- und Prozessdaten und deren Verdichtung. Mit diesem Werkzeug ist es möglich, systematische Fehler zu erkennen und präventiv Maßnahmen zu deren Vermeidung zu ergreifen. Zudem können die Datenbestände nach bestimmten Mustern durchsucht und hieraus neues Fehlerwissen generiert werden.

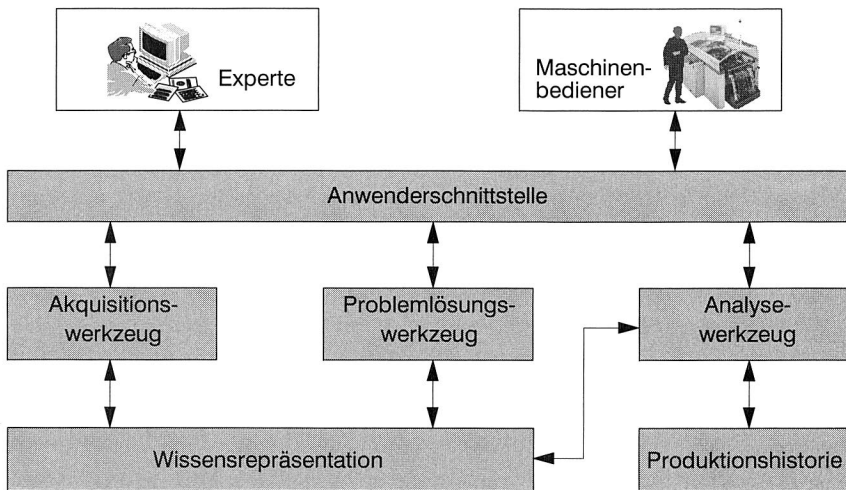


Bild 4-3: Komponenten des rechnergestützten Diagnose- und Analyseprogramms

4.2.5 Anwendung von Multimedia zur Anwenderkommunikation

Das Telediagnosesystem muss die Durchführung virtueller Konferenzen mehrerer Personen, die an räumlich weit verteilten Standorten tätig sind, durch geeignete Werkzeuge unterstützen, um so eine schnelle und sichere Problemlösung per telekommunikativem Medium zu erzielen. Den beteiligten Anwendern ist hierbei die Möglichkeit zu bieten, multimediale Informationen mit einfach zu bedienenden Diensten untereinander auszutauschen oder an gemeinsamen Dokumenten, auch graphischer Art, zu arbeiten. Insbesondere für die Experten, mit ihrer lediglich virtuellen Sichtweise auf die Maschinen, besitzt die Mensch-Mensch-Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Bediener vor Ort eine besondere Bedeutung. So lassen sich durch visuelle Informationen über die Maschine oder den Prozess fundiertere Diagnosen stellen und die Fehlerbehebung gezielt überwachen. Zusätzlich sollte die Zusammenarbeit durch Werkzeuge zum kooperativen Arbeiten, wie Chat und Whiteboard, bei diesem können mehrere Personen mit einfachen Markierungswerkzeugen (Strich, Rechteck) an gemeinsamen Zeichnungen arbeiten, unterstützt werden.

In Bild 4-4 sind die erforderlichen multimedialen Daten zur Durchführung einer Telediagnose angegeben, einschließlich der benötigten Übertragungsrichtung zwischen den beteiligten Partnern. Der Datentransfer kann über verschiedene Kommunikationsnetze realisiert werden, die sich aufgrund ihrer Übertragungsrate und des Übertragungsverfahrens in unterschiedlicher Weise für die jeweiligen Datenklassen eignen. Zur Erbringung der Leistungen stehen diverse synchrone und asynchrone Werkzeuge zur Verfügung. Die Auswahl wurde dabei auf Dienste des Internets beschränkt, die über die angegebenen Netze erbracht werden.

Datenart	Kommunikationsnetz						Werkzeug						Übertragungsrichtung
	Analog	ISDN	Internet	Mobilfunk (GSM)	LAN (Intranet)	Satellit	Email	ftp	Chat	Whiteboard	WWW-Informationssystem	Videoübertragung	
Text	+	+	+	+	+	+	■	■	■	■	■	□	↔
Feste Bilder	+	+	+	○	+	○	■	■	□	■	■	□	→
Bewegte Bilder	○	+	○	—	+	—	□	□	□	□	■	■	→
Sprache/Audio	+	+	○	+	+	+	□	□	□	□	■	■	↔
							asynchron			synchron			

+ sinnvoll möglich

○ eingeschränkt möglich

— unmöglich

■ ja

□ nein

➡ vom Kunden zum Hersteller

⬅ vom Hersteller zum Kunden

Bild 4-4: Einsatz von Multimedia-Daten zur Telediagnose

4.2.6 Offene Schnittstellen zu externer Hard- und Software

Das Telediagnosesystem muss nach außen offene Schnittstellen anbieten, um eine flexible und universelle datentechnische Ankoppelung an verschiedene Produktionssysteme mit deren Steuerungen und Sensorik zu ermöglichen. Voraussetzung sind allerdings auf der Gegenseite offene Steuerungen, welche die Integration von Softwarebausteinen und den Zugriff auf die diagnoserelevanten Daten über definierte Schnittstellen ermöglichen.

Der interne Aufbau des Telediagnosesystems sollte streng modularen Gesichtspunkten folgen, mit klar definierten internen Schnittstellen der Programme und der Datenbestände. Somit kann eine anwendungsspezifische Zusammensetzung einzelner Module oder die Erweiterung durch neue Bausteine erfolgen, um die Adaption des Systems auf beliebige Produktionssysteme mit ihren spezifischen Problemstellungen zu ermöglichen.

4.3 Systematischer Entwurf des integrierten Telediagnosesystems

4.3.1 Struktureller Aufbau des Systems

Die Analyse der Schwachstellen bestehender Lösungen und die erarbeiteten Anforderungen führten zur Entwicklung eines integrierten Telediagnosesystems für Produktionssysteme auf der Basis des Internets. Die gesamte Kommunikation und die realisierten Applikationen wurden mit Standardwerkzeugen, -diensten und -protokollen des weltweiten Netzwerkes ausgelegt. Eine Nutzung des Telediagnosesystems ist somit von jedem beliebigen Standort aus, mit einem internetfähigen Rechner und einem javafähigen WWW-Browser möglich.

Der strukturelle Aufbau des entwickelten Softwaresystems ist in Bild 4-5 dargestellt. Dem Konzept liegt ein streng modularer Ansatz mit einer zentralen Datenhaltung zugrunde. Die ebenfalls zentral zur Verfügung gestellten, voneinander unabhängigen Programme greifen über das Internet auf diesen zentralen Datenkern zu, verarbeiten die Daten algorithmisch und legen die Ergebnisse dort wieder ab. Der modulare Aufbau erlaubt es jederzeit, anwendungsspezifische Module hinzuzufügen, ohne Änderungen an dem bestehenden System vornehmen zu müssen.

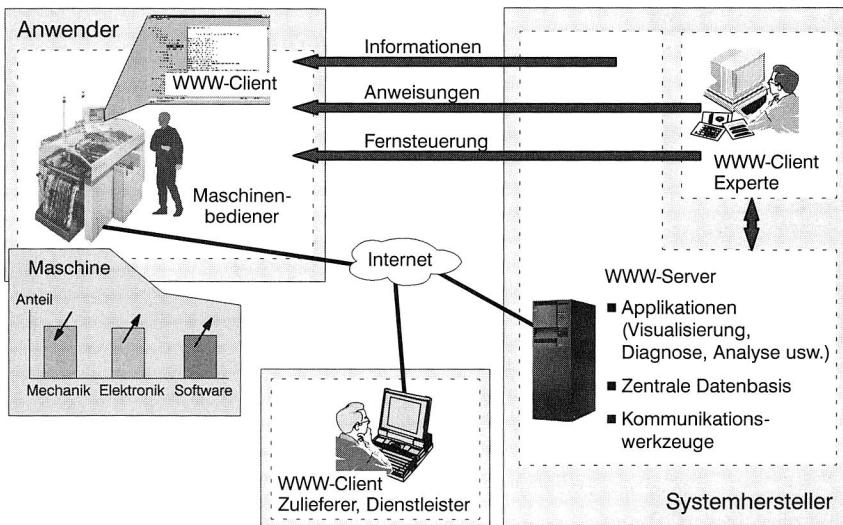


Bild 4-5: Struktureller Aufbau des integrierten Softwaresystems zur Telediagnose via Internet

Das Telediagnosesystem wird auf einem WWW-Server beim Hersteller der Investitionsgüter installiert und steht dadurch für einen weltweiten Zugriff, sowohl für den Bediener

an der Maschine als auch für den Experten im Service, zur Verfügung [28][39][42]. Auf dem Server sind die zentrale Datenhaltung und die Anwendungen installiert. Es sind dies vor allem die Wissensbasis des Systems, die verschiedenen Visualisierungs- und Diagnoseapplikationen sowie die multimedialen Kommunikationswerkzeuge.

Das vorgestellte Systemkonzept realisiert ein integriertes Telediagnosesystem, durch das die bisher bestehende Trennung zwischen der lokalen Maschinendiagnose und der Telediagnose aufgehoben wird [41]. Über einen WWW-Client kann sich sowohl der Bediener als auch der Experte auf dem Server einloggen und mit den vorhandenen Werkzeugen Fehlerdiagnosen vornehmen. Für die Anwender steht somit ein einheitliches Softwarewerkzeug zur Verfügung.

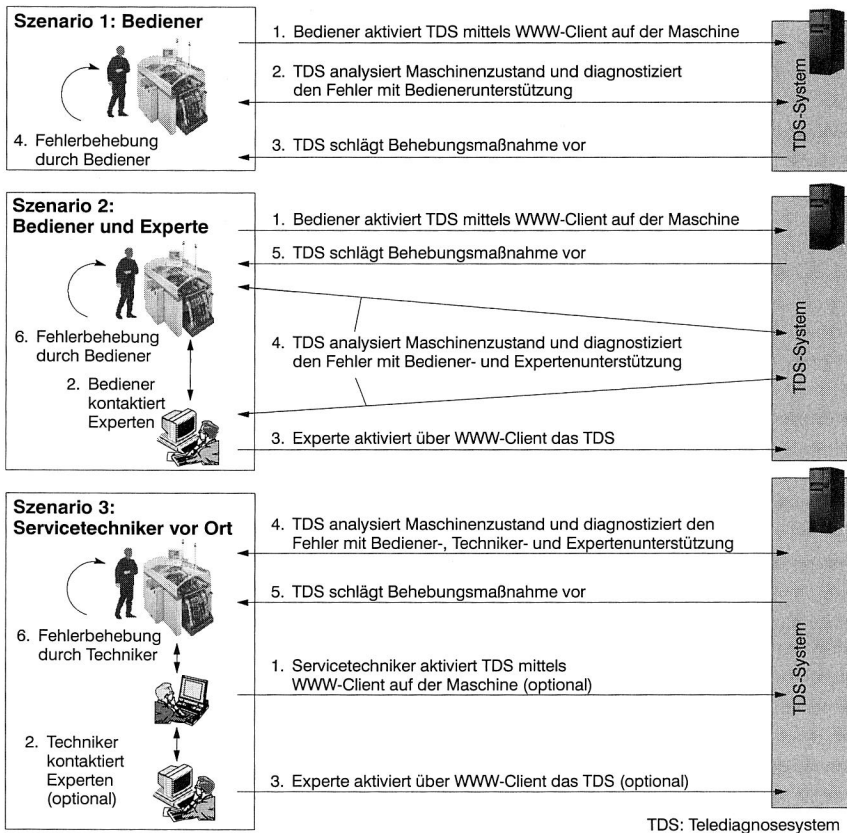


Bild 4-6: Hierarchische Strategien beim Einsatz des Telediagnosesystems mit der Nutzung der verteilten Kompetenz der Anwender

Zur Problemlösung sind hierarchisch gestufte Einsatzstrategien vorhanden [41], welche parallel die Kompetenz von Maschinenbediener und Experte nutzen (Bild 4-6). In

der ersten Stufe kann der Bediener zunächst das Betreuungssystem selbständig zur Störungsbehandlung verwenden. Wenn er den Fehler alleine nicht beheben kann, so kann er in der nächsten Stufe den Experten konsultieren, der mit Hilfe des Telediagnosesystems auf die Maschine zugreift und entsprechende Handlungsanweisungen an den Bediener erteilt. Der Serviceexperte besitzt weiterhin Möglichkeiten zur eingeschränkten Fernsteuerung der Maschine, mit der Unterstützung durch den Anwender vor Ort. Die Kooperation zwischen beiden Partnern kann durch externe Personen ergänzt werden, um so die verteilte Kompetenz zu erweitern. Zulieferer können zur Problembehandlung für von ihnen gelieferte Baugruppen als Experten herangezogen werden. Weiterhin kann bei ihnen direkt die Verfügbarkeit einer fehlerhaften Baugruppe nachgefragt und diese geordert werden. Die dritte Einsatzstrategie liegt in der Kooperation eines vor Ort an der Maschine tätigen Servicetechnikers mit fachspezifischen Spezialisten seines Unternehmens. Die Experten können beliebig räumlich verteilt tätig sein und trotzdem schnell zur Problemlösung beitragen.

Ein interessanter Anwendungsbereich des Telediagnosesystems ergibt sich auch im Bereich der unternehmensinternen Netzwerke, dem Intranet. Die in diesem Bereich vorhandene Ethernet-Kommunikationsstruktur ermöglicht, aufgrund der sehr hohen Übertragungsraten, einen komfortablen Einsatz des Systems mit breiter multimedialer Unterstützung. Hierunter fallen die zentrale Beobachtung und Diagnose von Maschinen, aber auch die Erhöhung der Unabhängigkeit und Flexibilität der Mitarbeiter, da diese nicht zwangsläufig die Produktionsprozesse direkt vor Ort überwachen müssen.

Die vorgestellte Kommunikationsstruktur ist nicht allein auf das Internet beschränkt, sondern kann auch in Verbindung mit analogen oder digitalen Telefonleitungen etc. eingesetzt werden, da Betriebssysteme wie Windows NT bezüglich des eingesetzten Hardwaremediums (analoges Modem, digitales Modem, Ethernet, Internet, GSM-Mobilfunktelefon) abstrahieren können.

4.3.2 Architektur des Softwaresystems

Die Architektur des Telediagnosesystems gliedert sich in drei Ebenen, die örtlich beliebig verteilt angeordnet sein können und über das Internet oder Intranet kommunikationstechnisch verbunden werden (Bild 4-7).

In der obersten Ebene sind die WWW-Clients als Plattform zur Ausführung der serverseitig bereitgestellten Programme angesiedelt. Hier findet die Interaktion des Anwenders mit dem System statt. Dieser stößt mittels der Applikationen Aktionen an, die diese durch den Zugriff auf die Datenhaltung der Mittelschicht verarbeiten. Aus den zurückgelieferten Informationen werden von den Applikationen entsprechende Ergebnisse generiert und dem Anwender visuell präsentiert.

Die Mittelschicht wird durch den WWW-Server repräsentiert, auf dem die Programme und die maschinenunabhängige, zentrale Datenbasis global verfügbar sind. Diese Ebene nimmt die durch die Client-Applikationen über das Internet gestellten Anfragen nach bestimmten Informationen entgegen und führt daraufhin die notwendigen Daten-

banktransaktionen und Berechnungsalgorithmen aus. Die Ergebnisse werden dem anfragenden Client zu dessen weiteren Verarbeitung zurückgeliefert.

In der untersten Ebene findet die datentechnische Koppelung des Telediagnosesystems mit dem Diagnoseobjekt Produktionssystem statt. Realisiert wird dies durch eine parametrisierbare Schnittstelle, welche die Erfassung der Daten an der Maschine sowie deren Speicherung in lokalen Datenbanken vornimmt, von denen aus die Anbindung an das weltweite Netz realisiert wird.

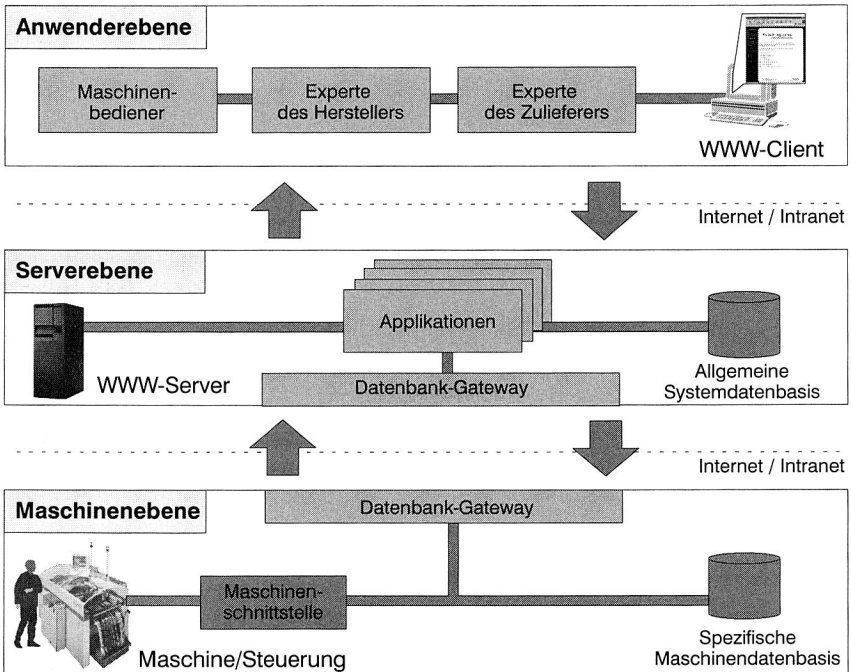


Bild 4-7: Architektur und Module des Telediagnosesystems

4.3.3 Integration der Programme zum Gesamtsystem

Die einzelnen modularen Anwendungen und Komponenten des Telediagnosesystems (Bild 4-8) werden im folgenden vorgestellt, wobei die entsprechenden Aufgaben und das Leistungsspektrum dargelegt werden. Insbesondere soll der Zusammenhang der Anwendungen beim Einsatz in der Produktion herausgestellt werden, um deren Integration zu einem ganzheitlichen Telediagnosesystem aufzuzeigen. Die detaillierte Erläuterung der Programme erfolgt separat in den nachfolgenden und entsprechend angegebenen Kapiteln, in denen konkret auf die Konzeption, das Funktionsprinzip und die Zielsetzung eingegangen wird.

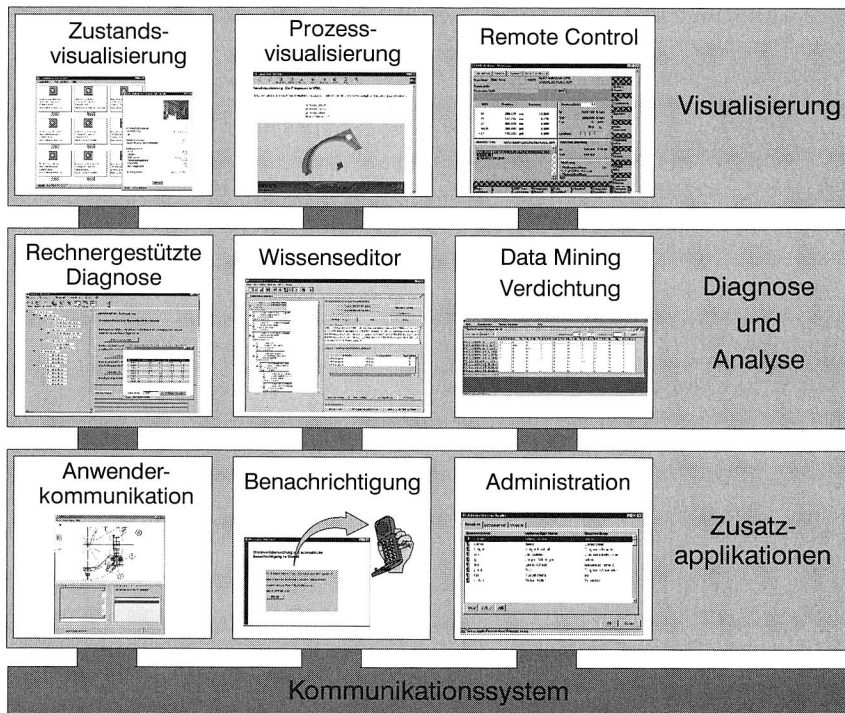


Bild 4-8: Modulare Programme des Telediagnosesystems

Kommunikationssystem und Maschinschnittstelle (Kapitel 5)

Zum internetbasierten Zugriff auf die verteilten Datenbanken und Applikationen des Telediagnosesystems ist ein plattformunabhängiges Kommunikationssystem zu entwickeln, das alle in diesem Zusammenhang relevanten Aufgaben erledigt, auf anerkannte Standards aufsetzt und eine hohe Flexibilität bietet. Auf Basis einer Analyse verschiedener Lösungen zum Datenbankzugriff via Internet wird ein neuer Ansatz konzipiert, durch die Adaption der modernen Kommunikationstechnologien dieses Mediums an die gegebenen Anforderungen. Das implementierte System wird als Datenbank-Gateway bezeichnet und übernimmt die kommunikationstechnische Verknüpfung der Programme und Komponenten des Telediagnosesystems.

Integraler Bestandteil des Kommunikationssystems ist eine Applikation zur System- und Benutzeradministration, die die Sicherung des Zugriffs auf die Produktionssysteme sowie auf die Anwendungen und Daten des Softwaresystems, durch eine entsprechende Autorisierung und Authentifikation der Anwender regelt.

Zur datentechnischen Koppelung des Telediagnosesystems an beliebige Produktionssysteme erfolgt die Entwicklung einer parametrierbaren Schnittstelle, die die per-

manente Erfassung der Maschinen- und Prozessdaten übernimmt. Für die Anwendungen des Telediagnosesystems werden somit fundierte Eingangsinformationen bereitgestellt. Der Datenaustausch zwischen der Schnittstelle an der Maschine und den Programmen wird über das Datenbank-Gateway abgewickelt. Die Schnittstelle wurde universell entwickelt und für zwei spezifische Lösungen umgesetzt. Die eine Realisierung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschine mit einer PC-basierten Steuerung und die andere Implementierung sieht eine Anbindung an ein kommerzielles Bedien- und Beobachtungssystem vor, über das die problemlose Koppelung zu beliebigen Automatisierungsgeräten möglich ist.

Module zur Visualisierung und Anwenderkommunikation (Kapitel 6)

Die Erkennung von Störungen ist die Voraussetzung für die Einleitung zielgerichteter Diagnosen zur Fehlerbehebung und zum schnellen Wiederanlauf der Produktionssysteme. Hierfür sind umfassende Programme zur Visualisierung der Maschinen- und Prozesszustände notwendig, die standortunabhängig einsetzbar sind. Diese Werkzeuge können zudem den Anwender sehr effektiv bei der Entscheidungsfindung während der Diagnose unterstützen, da durch die detaillierte Sichtweise auf die Produktionssysteme, exakte und aktuelle Daten für die Problemlösung verfügbar sind.

Einen wichtigen Bereich des Telediagnosesystems bilden deswegen die verschiedenen Programme zur Visualisierung, auf der Basis von Internet-Technologien, die unterschiedliche Aufgaben übernehmen. Die Zustandsvisualisierung stellt die aktuellen Betriebs- und Maschinendaten mehrerer Produktionssysteme in verschiedenen Detaillierungsstufen dar, so dass ein Überblick über die Fertigung gegeben ist. Mit der Prozessvisualisierung wird der Fokus auf die Fertigungsprozesse gelegt. Sie zeigt in einer virtuellen, dreidimensionalen Darstellung den aktuellen Bearbeitungsvorgang in einem WWW-Browser mit VRML-Technologien an. Dem Anwender werden somit exakte Informationen über den Fertigungsfortschritt in einer anschaulichen Form präsentiert. Mit dem Remote Control-Werkzeug wird der Zugriff auf die Bedienoberfläche des Steuerungsrechners der Maschine aus der Ferne realisiert, so dass gezielte Eingriffe möglich sind, beispielsweise zum Anhalten von Bearbeitungsprozessen und zur Änderung von NC-Programmen.

Bei der Telediagnose ist die unverzügliche und vom Aufenthaltsort unabhängige Benachrichtigung der verantwortlichen Personen vom Auftreten einer Störung eine unbedingt notwendige Funktionalität, neben der entsprechenden Anzeige in den Visualisierungsprogrammen. Es lassen sich vor allem die Experten in der Servicezentrale des Herstellers, aber auch die nicht notwendigerweise vor Ort an der Maschine tätigen Bediener unterrichten. Für diesen Aufgabenbereich ist ein Benachrichtigungsmodul zu entwickeln, das verschiedene Personen über moderne Kommunikationsmedien, standortunabhängig über Störungen an den Produktionssystemen informiert.

Mit dem Programm zur Anwenderkommunikation soll die Zusammenarbeit örtlich verteilter Personen zur kooperativen Problemlösung bei der Telediagnose umgesetzt werden. In Form einer virtuellen Konferenz können sich mehrere Teilnehmer kommu-

nikationstechnisch verbinden, und mit den bereitgestellten Werkzeugen multimediale Informationen austauschen sowie gemeinsam an Zeichnungen arbeiten.

Rechnergestütztes, internetfähiges Diagnoseprogramm (Kapitel 7)

Den Schwerpunkt und zentralen Kern des Telediagnosesystems bildet das rechnergestützte Diagnoseprogramm. Durch die konsequente Verwendung von Internet-Technologien kann mit dieser Applikation die standortunabhängige Problemlösung an verteilten Produktionssystemen erfolgen, lediglich unter Nutzung eines internetfähigen Rechners und eines konventionellen WWW-Browsers.

Das Programm übernimmt die Unterstützung des Anwenders in der gesamten Prozesskette der Diagnose. Die zentrale Datenbasis zur Repräsentation des technischen Wissens eines Produktionssystems bildet, in Verbindung mit der intelligenten Systematik zur Verarbeitung der Symptome, die Basis für die Anwendung der entwickelten Inferenzstrategien zur Problemlösung. Es stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die auf der Grundlage der Wissensbasis arbeiten, und von dem Anwender gezielt steuer- und beeinflussbar sind. Als Ergebnis der Diagnose wird die ermittelte Ursache dargestellt, mit einer genauen Erklärung der Vorgehensweise bei der Problemlösung. Zusätzlich erfolgt die Angabe einer geeigneten Therapiemaßnahme zur Fehlerbehebung. Dabei werden die multimedialen Möglichkeiten des World Wide Web zur Visualisierung von Informationen genutzt. Beispielsweise lassen sich Reparaturvorgänge mit Audio- und Videosequenzen exakt und eindeutig darstellen.

Eine entscheidende Aufgabe beim Einsatz des Diagnoseprogramms liegt in der Akquisition des technischen Expertenwissens für die Problemlösungsstrategien, weswegen ein intuitiv nutzbares Werkzeug zur Wissenserfassung entwickelt wird. Mit diesem Programm kann der Anwender die sehr effiziente Erzeugung und Bearbeitung des vollständigen Diagnosewissens für verschiedene Typen von Produktionssystemen vornehmen. Wesentlich ist, dass der Nutzer keine Informationen über die rechnerinterne Abbildung des Wissens in den Datenstrukturen benötigt. Die Eingabe der Informationen soll durch graphische Benutzerdialoge erfolgen, die entsprechend der menschlichen Vorgehensweise, eine hierarchische Strukturierung des Maschinen- und Fehlerwissens vorsehen müssen. Die Umsetzung in die Datenstruktur der Wissensbasis wird automatisch von dem Programm vorgenommen.

Verdichtungs- und Data-Mining-Programm (Kapitel 8)

Die integrierte Anwendung des Verdichtungs- und des Data-Mining-Programmes bildet eine Plattform zur systematischen Analyse von Produktionssystemen und stellt die Abrundung des Telediagnosesystems dar. Dabei werden ausgewertete Einsatzdaten in Form von Regelkreisen in die Anwendungen und die Produktion zurück übertragen.

Mit dem direkt am Produktionssystem operierenden Verdichtungsprogramm werden die zyklisch erfassten Maschinen- und Prozessdaten bezüglich interessanter Kriterien kumuliert und als Produktionshistorie in mehreren Datenbanken mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden abgespeichert.

Das Data-Mining-Programm setzt auf diesen Informationen auf und wertet sie mit intelligenten Analyseverfahren aus. Durch die internetfähige Realisierung des Programmes können die Datenbestände von verteilten Produktionssystemen gleichzeitig betrachtet werden, so dass für den Hersteller sehr umfassende Informationen aus dem Feldeinsatz verfügbar sind. Die gewonnenen Erkenntnisse können zielgerichtet zur Optimierung der Wissensbasis, zur Entwicklung präventiver Diagnosestrategien und zur Unterstützung der Problemlösung bei der Diagnose genutzt werden. Die Anwendungsfelder beim Kunden sind die Steigerung der Transparenz im Produktionsbereich, um so die Verfügbarkeit der Systeme zu erhöhen und die Weitergabe der Daten an andere rechnergestützte Systeme zur Optimierung von Planungsaufgaben.

Die zentrale Anwenderschnittstelle des Telediagnosesystems ist dessen Hauptseite bzw. Homepage, die auf dem WWW-Server bereitgestellt wird. Von dieser Einstiegsseite aus, die in Bild 4-9 dargestellt ist, verzweigen weiterführende Hyperlinks zu den einzelnen Programmen. Diese sind als eigenständige Client-Applikationen realisiert und in HTML-Seiten eingebettet, über die sie mit einem javafähigen WWW-Browser auf den lokalen Rechner geladen und gestartet werden können. Ausgehend von der Homepage ist somit die vollständige Nutzung der Funktionalität des Telediagnosesystems auf beliebigen Rechnersystemen möglich.

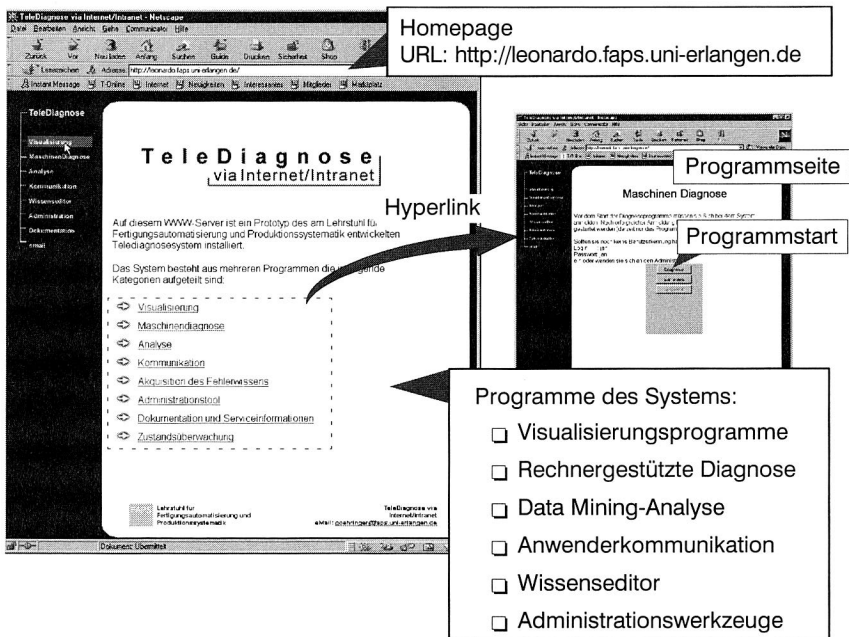


Bild 4-9: Homepage des Telediagnosesystems als zentraler Knoten zur Aktivierung der Programme

4.3.4 Aufbau und Strukturierung der Datenbasis

Die Datenbasis ist modular strukturiert, so dass Informationen über die einzelnen Schritte der gesamten Diagnosekette aufgenommen und abgespeichert werden können. Dieser modulare Charakter der Datenbanken und auch der Programme bildet die Voraussetzung zur problemspezifischen Kombination der Anwendungen und zur einfachen Erweiterung des Gesamtsystems.

Zur Konzeption der Datenbanksysteme musste eine systematische Analyse des betrachteten Problemfeldes erfolgen. Zu entwickeln waren Datenmodelle zur Beschreibung des Aufbaus von Produktionssystemen, zur Abbildung der Diagnoseinformationen, zur Speicherung und Verdichtung der Maschinen- und Prozessdaten sowie zur Hinterlegung der Kunden-Hersteller-Beziehungen. Der vollständige Entwurf der Datenbanksysteme wurde in drei Phasen realisiert [130]:

1. Datenanalyse, Strukturierung der Daten, Modellaufbau
2. Umsetzung in ein Entity-Relationship-Modell (ER-Modell)
3. Überführung des ER-Modells in das relationale Datenbankschema

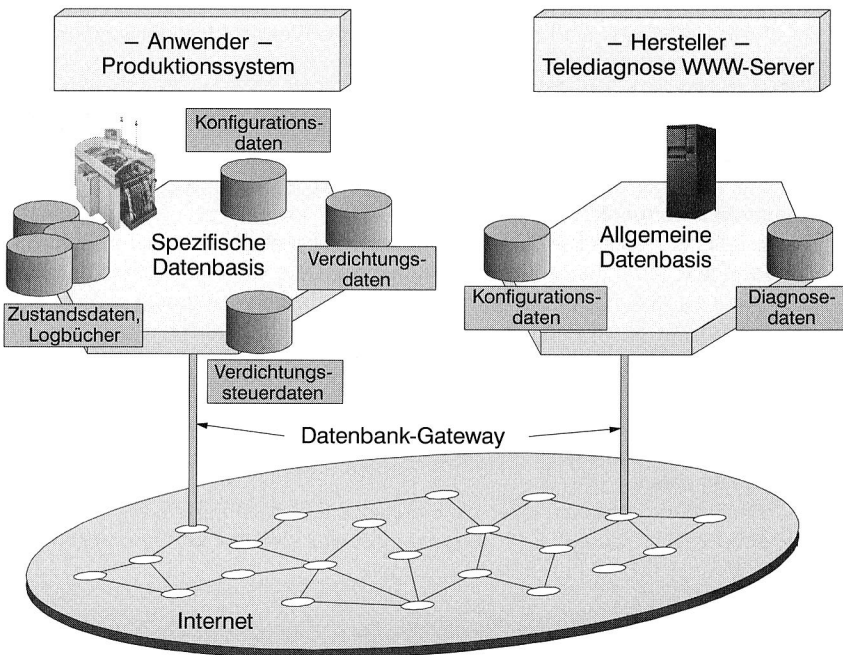


Bild 4-10: Strukturierung der spezifischen und allgemeinen Datenbasis

Die Phase 1 beinhaltete zunächst die Analyse der notwendigen Daten für die einzelnen Anwendungen des Telediagnosesystems und deren Strukturierung in verschiedenen

Datenbanken. Danach wurden die Beziehungen zwischen den Daten erarbeitet und die Datenmodelle entwickelt.

Grundsätzlich ist eine Differenzierung in zwei verteilte Datenbasen – die spezifische und die allgemeine Datenbasis – vorhanden. Die spezifische Datenbasis ist direkt dem Produktionssystem des Kunden zugeordnet und enthält speziell für diese Maschine charakteristische Informationen. Aus der Analyse und Strukturierung der Datenmengen ergab sich für diese Datenbasis eine Gliederung in folgende Datenbanken:

❑ **Zustands- und Logbuchdatenbanken**

In diesen Datenbanken sind die aktuellen Produktionsdaten einer Maschine in einem sehr hohen Detaillierungsgrad festgehalten.

❑ **Verdichtungsdatenbanken**

Diese Datenbanken dienen zur längerfristigen Speicherung der Zustandsdaten nach bestimmten Kriterien. Die Informationen entstehen aus einer mehrstufigen Verdichtung und werden in unterschiedlichen Detaillierungsgraden in verschiedenen Datenbanken abgelegt.

❑ **Verdichtungssteuerungsdatenbank**

In dieser Datenbank sind die zur Steuerung der Verdichtung notwendigen Informationen hinterlegt.

Die allgemeine Datenbasis ist zentral beim Hersteller präsent und beinhaltet die allgemeinen Informationen über einen Typ eines Produktionssystems. Die Analyse der Daten ergab eine Klassifizierung in folgende Datenbanken:

❑ **Diagnosedatenbank**

Diese Datenbank beinhaltet alle zur Telediagnose beliebiger Produktionssysteme notwendigen Informationen. Die Auslegung der Datenbank erlaubt die parallele Hinterlegung verschiedener Maschinentypen sowie die Verkettung einzelner Maschinen. Im einzelnen sind folgende strukturellen Hauptbereiche erkennbar:

- *Kundendaten*

Hierunter sind die beim Kunden im Einsatz befindlichen Produktionssysteme, welche per Telediagnose betreut werden sollen, mit ihren spezifischen Charakteristika abgelegt.

- *Systemdaten*

Die Systemdaten beinhalten die Eigenschaften von Objekten, wie die technische Beschreibung der Produktionsmaschinen mit ihren Komponenten und Funktionen sowie deren Verknüpfungen.

- *Diagnosedaten*

In dieser Klasse sind die eigentlichen zur rechnergestützten Diagnose relevanten Informationen abgelegt, wie beispielsweise die Fehler-Ursachen-Strukturen und deren Verkettung.

- *Multimediatdaten*

In diesem Bereich sind multimediale Informationen zur Unterstützung der Anwender bei der Fehlerdiagnose und -behebung gespeichert.

❑ **Konfigurationsdatenbank**

In dieser Datenbank sind alle Informationen zur Konfiguration und zum Betrieb des Datenbank-Gateways abgelegt, einschließlich der Benutzerverwaltung und der Zugriffsrechte auf die spezifischen Datenbasen der Kundenmaschinen. Weiterhin sind administrative Angaben zur Parametrierung der einzelnen Programme des Telediagnosesystems gespeichert. Auf der Maschine selbst ist eine abgespeckte Version der Konfigurationsdatenbank hinterlegt, die die Parametrierung des lokalen Datenbank-Gateways übernimmt.

In welchen Datenbanken die Informationen physikalisch enthalten sind sowie auf die konkreten Inhalte und teilweise auch auf die Entity-Relationship-Modelle der einzelnen Datenbanken (Phasen 2 und 3), wird im Detail in den späteren Kapiteln eingegangen und zwar in Verbindung mit der Beschreibung der dazugehörigen Programme.

Die vorgestellte Konzeption der verteilten Datenhaltung, bei der die spezifischen Informationen direkt an der Maschine abgelegt und die allgemeingültigen Informationen über die Produktionssysteme zentral vorhanden sind, bildet die Basis zur globalen, integrierten Nutzung des Systems zur Diagnose vor Ort und zur Telediagnose.

4.3.5 Entwurf einer geeigneten Hard- und Softwarestruktur

Die Konzeption und Implementierung des Telediagnosesystems wurde mit Standardwerkzeugen und -protokollen des Internets vorgenommen. Im besonderen sind die Technologien der WWW-Server und -Browser, das Kommunikationsprotokoll TCP/IP sowie die Programmiersprache Java genutzt worden.

Das Internet zeichnet sich durch eine Reihe von Eigenschaften aus, die es als Medium für die Telediagnose besonders interessant machen (siehe auch Kapitel 2.6.2). Wesentliche Vorteile des Internets sind der sehr schnelle Ausbau der zugrundeliegenden Kommunikationsinfrastruktur, seine fast weltweite Verfügbarkeit, das Standardkommunikationsprotokoll TCP/IP und die standardisierten Dienste. Die räumliche Unabhängigkeit ist ein weiterer Vorzug, der sich dadurch ergibt, dass die Programme vom WWW-Server geladen werden und es daher unerheblich ist, wo sich der WWW-Client befindet. Mit der plattformunabhängigen Programmiersprache Java steht auch ein Werkzeug zur Erstellung leistungsfähiger Internet-Programme zur Verfügung. Demgegenüber stehen auch Nachteile, wie die derzeit teilweise noch geringen Datenübertragungsraten, die bedingt durch die Plattformunabhängigkeit geringe Performance und die aufgrund der Offenheit des Internets vorhandenen Sicherheitsprobleme, welche entsprechende Maßnahmen wie Verschlüsselung und Firewalls erfordern.

Auf der Seite der Produktionssysteme werden PC-basierte Steuerungen mit den verschiedenen Windows-Betriebssystemen eingesetzt, da sich dies als defacto-Standard in der modernen Steuerungstechnik etabliert hat. Auch bei einer anderen Hard- und Softwarekombination bedarf es nur geringfügiger Änderungen an der Maschinenschnittstelle des Telediagnosesystems. Die Internet-Anbindung der Produktionssysteme verlangt zudem die Ausrüstung der Steuerung mit einer Netzwerkkarte und den

physikalischen Anschluss an das weltweite Netz. Betriebssystemseitig muss für den Kommunikationsaufbau und zum Datenaustausch die Unterstützung des TCP/IP-Protokolls sowie die Vergabe einer IP-Adresse erfolgen. Neben dieser integrierten Lösung kann auch ein zusätzlicher Rechner mit einer Daten- und Kommunikationsschnittstelle zur Maschine genutzt werden.

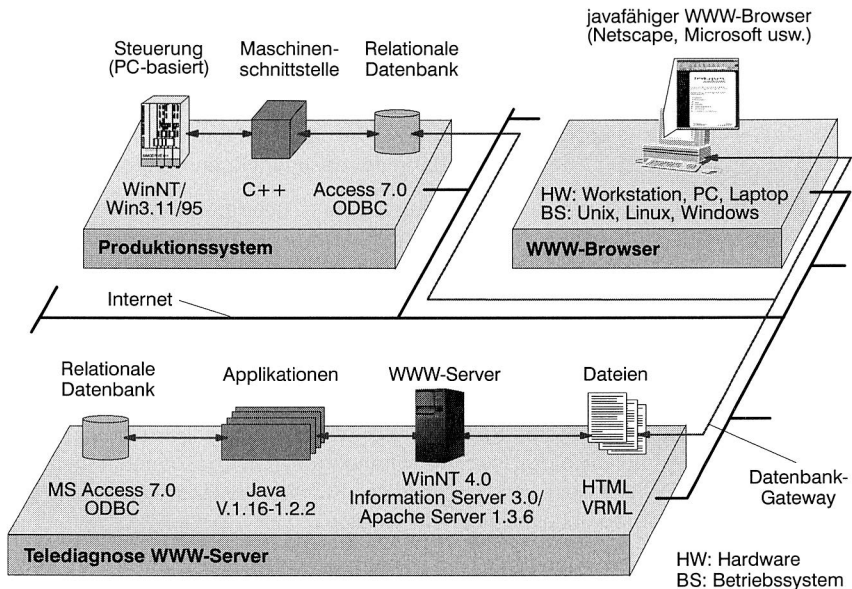


Bild 4-11: Die Hard- und Softwarearchitektur des Telediagnosesystems

Die Verwaltung der teilweise sehr großen Datenmengen wurde durch relationale Datenbanken realisiert, die ausgesprochen umfangreiche Informationsbestände zuverlässig speichern und konsistent halten können. Durchgängig eingesetzt worden ist das Datenbanksystem Microsoft Access 7.0. Mit der standardisierten Datenbankabfragesprache SQL (Structured Query Language) kann der universelle Zugriff auf die abgelegten Inhalte durch externe Applikationen erfolgen. Als zusätzliche Ebene wird zwischen den Anwendungen und den Datenbanken die ODBC-Schicht (Open Database Connectivity) geschaltet, die eine neutrale, herstellerunabhängige Datenbankschnittstelle zur Verfügung stellt. Mit dieser Technologie kann, in Verbindung mit der Sprache SQL, ein problemloser Wechsel des Datenbankmanagementsystems erfolgen. Somit ist die Anpassungsfähigkeit an die unternehmensspezifische Infrastruktur gegeben.

Die programmtechnische Implementierung des Telediagnosesystems wurde mit der internetfähigen und plattformunabhängigen Programmiersprache Java vorgenommen. Zur Anwendung kamen die im Laufe der Entwicklungen aktuell verfügbaren Versionen 1.1.6 des JDK (Java Development Kit) sowie das seit 1999 freigegebene JDK

1.2.2 für die Java-2-Plattform von Sun Microsystems in Verbindung mit den Swing-Klassen [83][133]. Genutzt wurden diese Werkzeuge sowohl zur Gestaltung der Benutzerschnittstellen als auch für die Implementierung der Algorithmen. Näheres zu den besonderen Vorteilen von Java in Zusammenhang mit der Telediagnose ist in Kapitel 3.5.2 zu finden. Einzig die spezifischen Schnittstellen zu den Maschinen sind nicht in Java programmiert, sondern in der objektorientierten Sprache C++, da in diesem speziellen Aufgabenbereich eine Internetorientierung nicht notwendig ist.

Der WWW-Server dient zur Bereitstellung und Übertragung der von den WWW-Clients angeforderten Ressourcen. Im Telediagnosesystem sind dies Dateien der Arten HTML, VRML und Java. Welches spezielle Produkt als Server genutzt wird ist nicht von Bedeutung. Der Einsatz des Telediagnosesystems erfolgte sowohl in der Modellfabrik des Lehrstuhls als auch in der Praxis bei einem Automobilhersteller. Hierbei wurde das System mit dem Microsoft Information Server IIS 4.0 [84] und dem Apache Server Version 1.3.6 [80] betrieben.

Zur Ausführung der Programme und zur Interaktion des Anwenders mit dem Telediagnosesystem ist lediglich ein WWW-Browser notwendig der Java interpretieren kann. WWW-Clients können von einem beliebigen Rechner im Internet aus, durch den Experten oder durch den Maschinenbediener direkt am Produktionssystem, aufgerufen werden. Entsprechende Werkzeuge sind für alle gängigen Rechner- und Betriebssysteme der Windows-, Unix-, Linux- und Macintosh-Welt vorhanden, so dass auf Seiten des Anwenders die unternehmensspezifische Hard- und Software nutzbar ist.

4.4 Analyse der Anwenderakzeptanz und systematische Bewertung der Programme des Telediagnosesystems

4.4.1 Akzeptanz des Systems

Ein entscheidendes Kriterium für den erfolgreichen industriellen Einsatz des Telediagnosesystems ist dessen Akzeptanz bei den Anwendern. Im Rahmen der prototypischen Einführung des entwickelten Softwaresystems bei einem großen Industrieunternehmen, wurde es einer Evaluierung durch die betroffenen Mitarbeiter unterzogen. Zielsetzung war es, zu eruieren ob die Maschinenbediener die Einführung des Telediagnosesystems unterstützen und dieses nutzen werden sowie die Vorteile herauszuarbeiten, die die Mitarbeiter von einem solchen System für sich selbst und für das Unternehmen erwarten.

Zur Ermittlung der Einschätzungen der Maschinenbediener ist die in Bild 4-12 skizzierte, mehrstufige Vorgehensweise zur Anwendung gekommen. Zuerst wurde ein Katalog mit relevanten Fragestellungen ausgearbeitet und mit dem Betriebsrat sowie den betroffenen Fachabteilungen abgestimmt. Zur Information der Mitarbeiter wurde ihnen das Telediagnosesystem umfassend vorgestellt und ihnen die Gelegenheit gegeben, dieses selbständig zu nutzen.

Anschließend sind konkret folgende Themenbereiche in Form ausführlicher Diskussionen behandelt worden:

- ☐ Persönlicher und allgemeiner Nutzen des Systems
- ☐ Bewertung der einzelnen Programme
- ☐ Erfahrungen und Kenntnisse der Bediener bezüglich Rechner und Internet
- ☐ Persönliche Einstellung der Anwender gegenüber einem solchen System

Im Laufe der Diskussionen kristallisierte sich deutlich heraus, dass die Mitarbeiter generell den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien sehr offen gegenüberstehen und diese auch als ausgesprochen wichtig für ihr eigenes Unternehmen betrachten. Die überwiegende Mehrzahl der beteiligten Personen verfügt über entsprechende Erfahrungen im Umgang mit Personal Computern und dem Internet. Die Mitarbeiter ließen sehr deutlich ihre Bereitschaft erkennen, aktiv an der Nutzung des Telediagnosesystems mitzuwirken und dessen weitere Entwicklung mit entsprechenden Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz konstruktiv zu unterstützen.

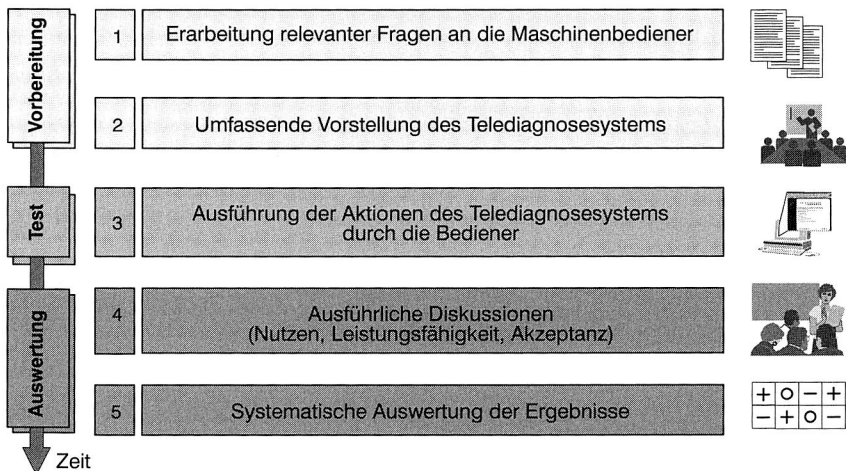


Bild 4-12: Systematische Vorgehensweise zur Ermittlung der Akzeptanz des Telediagnosesystems bei Maschinenbedienern

Als ein sehr wesentlicher Vorteil, neben der räumlichen Unabhängigkeit des Einzelnen im Unternehmen selbst, wurde die Überwachung und Diagnose der Maschine von zu Hause aus gesehen, während der sogenannten Rufbereitschaft an freien Tagen. Diese erfordert derzeit das mehrmalige persönliche Erscheinen des Mitarbeiters an der Maschine. Hier werden beträchtliche Potenziale gesehen, in bezug auf die flexible Wahl des Überprüfungszeitraumes und die Möglichkeit, aus der Ferne einfache Diagnosen sofort durchführen zu können oder Entscheidungen über einen notwendigen persönlichen Einsatz vor Ort treffen zu können.

Bedenken wurden von den Mitarbeitern allerdings bezüglich einer möglichen Überwachung der Vorgänge an der Anlage und die Ausnutzung dieser Informationen durch

Vorgesetzte vorgebracht. Auch aus diesem Grunde ist bei der Einführung des Telediagnosesystems von Beginn an eine enge Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern anzustreben, die Klärung möglicher Unklarheiten vorzunehmen sowie entsprechende Vereinbarungen festzulegen.

4.4.2 Systematische Bewertung der Programme

Die systematische Bewertung der Programme des Telediagnosesystems hinsichtlich verschiedener Kriterien wurde unter Einbeziehung der gewonnenen Erkenntnisse während der Entwicklung des Softwaresystems und dessen Einsatzes in einem Unternehmen vorgenommen sowie ergänzt durch die Beurteilung der betroffenen Maschinenbediener der Firma. Die ermittelten Ergebnisse, dargestellt in Matrixform (Bild 4-13), sind eine fundierte Informationsgrundlage für die Entscheidungsträger bei der Einführung des Telediagnosesystems.

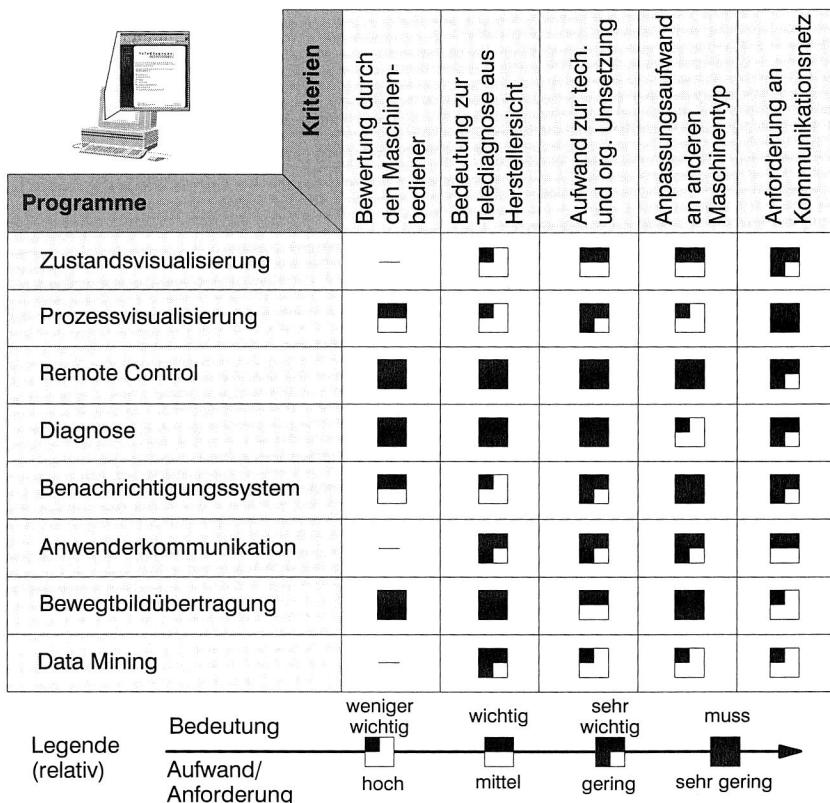


Bild 4-13: Bewertungsmatrix für die Programme des Telediagnosesystems

Das modulare Konzept des Telediagnosesystems ermöglicht eine stufenweise Umsetzung der einzelnen Bausteine, die mit Hilfe der obigen Bewertungsmatrix entsprechend den unternehmensspezifischen Randbedingungen erfolgen kann. Als Minimalkonfiguration wurde im Rahmen des Projektes von Unternehmensseite der Fernzugriff auf die Steuerungsoberfläche, die rechnergestützte Diagnose und, als multimediales Element, die Prozessüberwachung mit einer Kamera angesehen. Im einzelnen wurden die für die Bediener relevanten Programme von ihnen folgendermaßen bewertet:

- ☐ **Prozessüberwachung mit einer Kamera**
Die Übertragung von Videobildern von der Anlage und dem Prozess wurde als zwingende Funktionalität erachtet, da hierdurch sehr realitätsnahe Informationen erhältlich sind. Als wichtiges Extra wird die Fernsteuerbarkeit der Kamera angegeben, mit Funktionen zum Zoomen und zur Veränderung des Bildausschnittes.
- ☐ **Fernzugriff auf die Maschinensteuerung**
Diese Funktion wird als sehr wichtig eingestuft, da der Bediener die gewohnte Maschinenoberfläche mit den darin enthaltenen Daten angeboten bekommt. Die Hauptfunktionen wurden im Anhalten des Bearbeitungsprogramms und im Einsehen von Steuerungsparametern gesehen.
- ☐ **Virtuelle Prozessvisualisierung im WWW-Browser**
Die Prozessdarstellung im VRML-Format wird als Ergänzung zu einer Kameraübertragung gesehen. Zur pragmatischen Nutzung des Moduls müsste die Darstellung der modellierten Werkzeuge und Werkstücke verfeinert werden (siehe Kapitel 6.2).
- ☐ **Rechnergestütztes Diagnosesystem**
Dieses Programm wird als ein sehr effektives Werkzeug bei der Fehlerdiagnose betrachtet. Ein beträchtliches Unterstützungspotenzial geht auch von den multimedialen Entstörstrategien aus, die mit Hilfe von Text-, Bild- und Videodateien die Problemstellen beschreiben und somit zur deutlichen Beschleunigung der Störungsbehebung beitragen können. Auch die Möglichkeit, das Wissen von Experten für weniger erfahrene Maschinenbediener bereitzustellen, wird als sehr nützlich eingeschätzt. Kritisch diskutiert wird der Aufwand zur Wissensakquisition, die allerdings vornehmlich vom Systemanbieter für eine Vielzahl von Kunden übernommen wird, so dass sich diese Problematik relativiert.
- ☐ **Automatisches Benachrichtigungssystem**
Diese Komponente wird vor allem bezüglich der örtlichen Unabhängigkeit als interessant betrachtet, so dass der Bediener bei langwierigen Prozessen nicht ständig vor Ort sein muss und sich anderen Aufgaben widmen kann.

Die beiden Programme des Telediagnosesystems zur Anwenderkommunikation und zur Datenanalyse mittels Data Mining sind für die Maschinenbediener nicht von Interesse, aber um so aussagekräftiger für die Experten im Service des Herstellers. Ein Sonderfall stellt die Zustandsvisualisierung dar, die weniger für die Telediagnose in ihrem engeren Sinn von Bedeutung ist, sondern vielmehr zur zentralen und standortunabhängigen Überwachung einer Produktion mit mehreren Maschinen in der Leitebene eingesetzt werden kann.

5 Konzeption und Implementierung des Kommunikationssystems zum globalen Zugriff auf verteiltes Wissen und Werkzeuge

Das Telediagnosesystem operiert mit global im Internet verteilten Produktionssystemen, Datenbanken und Anwendungen, die die Basis für die Informationsbereitstellung, -speicherung und -verarbeitung sind. Zum Zugriff auf diese Daten und Werkzeuge ist ein entsprechendes Kommunikationssystem zu entwickeln, das mit anerkannten und modernen Standardtechnologien des Internets dieses Aufgabenspektrum abdeckt. Wichtigste Komponente des Kommunikationssystems ist das sogenannte Datenbank-Gateway, das die Anbindung im Internet verteilter Datenbanken realisiert. An diese Komponente werden ausgesprochen hohe Anforderungen gestellt, die mit den vorhandenen Werkzeugen nicht erfüllbar sind, so dass auf Basis der verfügbaren Technologien eine eigene Lösung konzeptionell erarbeitet und programmtechnisch implementiert wurde. Ergänzt wird das Kommunikationssystem um ein Werkzeug zur Administration der Programme und der Benutzer des Telediagnosesystems. Ein weiterer Baustein ist die parametrierbare Schnittstelle zur flexiblen, datentechnischen Koppelung des Telediagnosesystems an reale Produktionssysteme, welche in Zusammenhang mit zwei spezifischen Realisierungen vorgestellt wird.

5.1 Anforderungen an das Datenbank-Gateway

Räumlich betrachtet besteht das Telediagnosesystem aus dem Telediagnoseserver, auf dem die modularen Applikationen und die Datenbanken der allgemeinen Datenbasis abgelegt sind. Weiterhin befinden sich auf den zu diagnostizierenden Produktionssystemen, die beliebig im Internet verteilt sein können, jeweils weitere individuelle Programme sowie die spezifische Datenbasis, die sich aus mehreren Datenbanken zusammensetzt. Das zu entwickelnde Datenbank-Gateway muss deshalb notwendigerweise die Kommunikation der verschiedenen Anwendungen untereinander sowie die Anbindung der verteilten Datenbanken realisieren.

Von dem Datenbank-Gateway wird zudem gefordert, dass es in den gängigen Systemumgebungen nutzbar ist. Dies bedeutet, dass eine möglichst geringe Abhängigkeit bezüglich der verwendeten Rechnerplattformen, der Betriebssysteme, der Datenbankmanagementsysteme (DBMS) sowie der WWW-Server und -Browser vorhanden sein soll. Eng verbunden damit ist auch die grundlegende Forderung, die Nutzung des Telediagnosesystems auf der Client-Seite mit Standardwerkzeugen wie WWW-Browsern zu ermöglichen, ohne die Einspielung zusätzlicher Software, um somit die Standortwahl des Anwenders vollkommen unabhängig zu gestalten. Auch die einfache und schnelle Installation des Systems, sowohl auf dem Server als auch auf den Produktionssystemen, ist ein wichtiges Kriterium.

Um eine möglichst hohe Performance des Telediagnosesystems auch auf den teilweise noch engen Bandbreiten des Internets zu erzielen, ist eine schlanke Kommuni-

kation zu entwickeln. Aus sicherheitstechnischen Aspekten sind Unternehmensnetzwerke in der Regel durch ein Firewallsystem geschützt, vielfach mit einem HTTP-Proxy, der zwischen das öffentliche und das interne Netz geschaltet ist. Deshalb ist in Betracht zu ziehen, dass gegebenenfalls zur Kommunikation auf das HTTP-Protokoll zurückgegriffen werden kann.

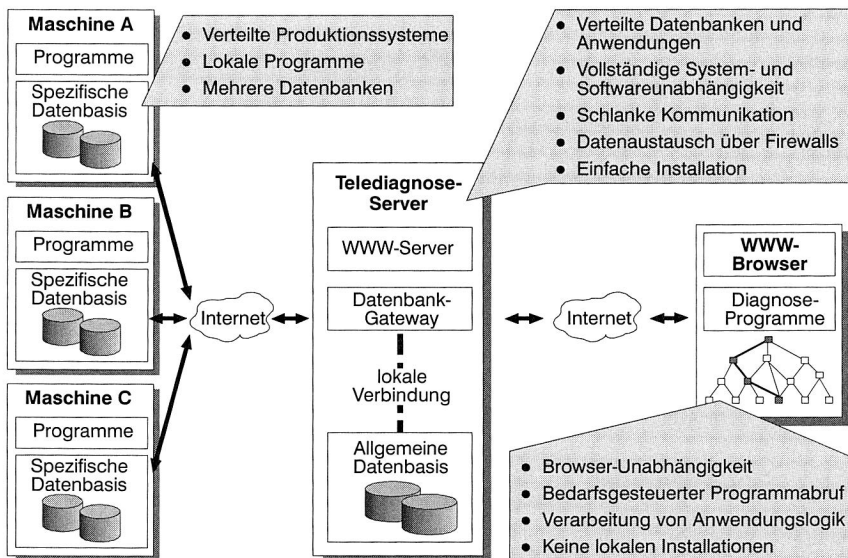


Bild 5-1: Verteilte Struktur des Telediagnosesystems mit der systematischen Ableitung der Anforderungen

Die einzelnen Applikationen des Telediagnosesystems sollen bedarfsgesteuert über das Internet beziehbar sein. Darüber hinaus müssen sie die Verarbeitung von Anwendungslogik und die Interaktion mit dem Benutzer zulassen. Es bietet sich deshalb eine Implementierung in der netzwerkfähigen Programmiersprache Java an. Anzustreben ist auch eine kostengünstige Realisierung, durch die weitgehende Verwendung frei verfügbarer Software sowie die Nutzung der in den Unternehmen vorhandenen Standardsoftware. Zudem ist eine Benutzeradministration erforderlich, die den Zugang zu dem System, den einzelnen Anwendungen und den Datenbereichen regelt.

5.2 Entwurf des Datenbank-Gateways auf Basis der Analyse verschiedener Ansätze zur Datenbank-Anbindung via Internet

Im folgenden wird ein Überblick über die unterschiedlichen Realisierungsvarianten zur Anbindung von Datenbanken über das Internet und die zugrundeliegenden Technologien gegeben, um eine geeignete Lösung für das Telediagnosesystem ableiten und

adaptieren zu können. Dabei werden die einzelnen Konzepte einer Beurteilung unterzogen, vor allem in bezug auf die oben aufgestellten Anforderungen von Seiten des Teliagnosesystems. Prinzipiell kann eine Differenzierung in Lösungen auf der Grundlage des HTTP-Protokolls, mit der Erzeugung dynamischer HTML-Seiten, und in Entwicklungen auf der Basis der Programmiersprache Java, mit der Realisierung internetbasierter Applikationen, vorgenommen werden.

5.2.1 Ansätze auf der Basis des HTTP-Protokolls

Aufgrund der Forderung, dynamische Inhalte im Internet darzustellen, sind verschiedene Technologien entwickelt worden, die es ermöglichen, auf Anfragen eines Clients vom WWW-Server ausgehend, Datenbankinhalte zur Laufzeit auszulesen und mit Hilfe des HTTP-Protokolls zu versenden.

Aktuell verwenden eine Vielzahl von Datenbank Anwendungen im WWW die CGI-Technologie, aufgrund der einfachen und schnellen Realisierung sowie der Unterstützung durch die gängigsten WWW-Server. Eine weitere Technologie sind Servlets, die von Sun Microsystems als modulare Erweiterungen des APIs des eigenen, in Java implementierten Web-Servers spezifiziert wurden. Durch die Aufnahme in das JDK 1.2 sowie aufgrund der Unterstützung durch weitere WWW-Server haben diese zunehmend an Bedeutung gewonnen [71]. Servlets sind serverseitige Java-Applikationen, die sich über eine URL ansprechen lassen und in ihrer Philosophie CGI-Anwendungen ähnlich sind. Mit den Technologien IDC/HTX und Active Server Pages liefert Microsoft zwei weitere Lösungen, als Alternative zu CGI oder Servlets, um mit Hilfe des eigenen Internet Information Servers, ab Version 2.0, Datenbankabfragen zu gestalten.

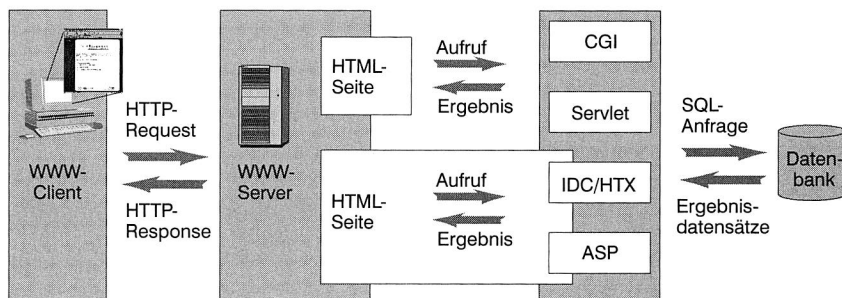


Bild 5-2: Ablauf der datenbankgestützten Informationsbereitstellung mit den HTTP-basierten Ansätzen

Ein Vorteil der genannten Ansätze ist die Verwendung des HTTP-Protokolls, das von jedem WWW-Browser verstanden wird. Weiterhin lassen sich diese serverseitigen Konzepte mit einem geringen Programmieraufwand realisieren und sind somit geeignete Lösungen für einfache Anwendungsfelder, vor allem wenn es sich lediglich um die dynamische Darstellung benutzerspezifischer Inhalte in HTML-Seiten handelt.

5.2.2 Ansätze auf der Basis von Java

Der Einsatz der Programmiersprache Java eröffnet neue und umfassende Möglichkeiten der Realisierung einer Datenbankanbindung über das Internet, da hier deren vollständiger Sprachumfang nutzbar ist. Insbesondere die Verbindung der graphischen Fähigkeiten von Java und die Möglichkeiten zur algorithmischen Informationsverarbeitung auf Client-Seite lassen, in Zusammenhang mit der Netzwerkfähigkeit, die Entwicklung komplexer und verteilter Softwaresysteme auf der Basis von Datenbanken möglich werden. Demzufolge eignen sich die Java-basierten Ansätze zur Realisierung des Datenbank-Gateways des Telediagnosesystems.

Aufgrund von Sicherheitsbeschränkungen können in Java implementierte Applets oder Applikationen von ihrem Client aus nur eine Verbindung zu dem WWW-Server aufbauen, von dem sie geladen wurden. Sind Datenbanken anzusprechen, die physikalisch nicht auf dem Server liegen, oder mehrere Datenbanken auf verschiedenen Rechnern zu kontaktieren, wie im Falle des Telediagnosesystems, so ist eine weitere Netzwerkverbindung notwendig. Diese wird durch eine Middleware-Schicht realisiert, die zwischen der Java-Anwendung und dem Datenbankmanagementsystem eingliedert wird, und die Kommunikation zwischen den Ebenen abwickelt. Zur Implementierung für dieses, als Interprozesskommunikation bezeichnete Prinzip sind mehrere Methoden vorhanden (siehe Kapitel 5.2.3). Über die Java Database Connectivity Schnittstelle (JDBC) können dann Verbindungen zu fast allen gängigen Datenbanken aufgebaut und Transaktionen durchgeführt werden (siehe Kapitel 5.2.4).

5.2.3 Mechanismen der Interprozesskommunikation

Zur Ausschöpfung der Potenziale des Internets, besonders in Bezug auf eine Client-Server-Architektur, wie sie im Telediagnosesystem eingesetzt wird, finden verschiedene Methoden der Interprozesskommunikation Verwendung, zum Datenaustausch zwischen verteilten Anwendungen und zum Aufruf entfernter Objekte. Die Auswahl der Methode erfolgt in Abhängigkeit verschiedener Kriterien für den speziellen Anwendungsfall. Mit der zunehmenden Abstraktion des Datenaustausches bei der Interprozesskommunikation sinkt der Aufwand zur Programmerstellung, allerdings nimmt der informationstechnische Beschreibungsaufwand deutlich zu, was in einem höheren Datenaufkommen und geringeren Übertragungsgeschwindigkeiten resultiert.

Common Object Request Broker Architecture (CORBA)

Die Common Object Request Broker Architecture spezifiziert einen Standard für eine heterogene, objektorientierte und verteilte Programmierungsumgebung [78]. Es werden Schnittstellen zur Nutzung von Objekten und Methoden auf entfernten Rechnern in heterogenen Netzwerken definiert. Hierbei kann die Implementierung von Client und Server in unterschiedlichen Programmiersprachen verwirklicht werden. Die Vorteile von CORBA liegen in der Unabhängigkeit von der Programmiersprache sowie in der Kapselung der Kommunikation in das HTTP-Protokoll. Ein entscheidender Nachteil ist,

dass CORBA vom Internet Explorer nicht unterstützt wird, da Microsoft auf eine eigene Lösung setzt, die als DCOM (Distributed Component Object Model) bezeichnet wird.

Remote Method Invocation (RMI)

Die Remote Method Invocation ist eine Programmierschnittstelle und seit der Version 1.1 von Java eine Untermenge dieser Sprache. Diese Interprozesskommunikationstechnologie ermöglicht die Java zu Java Kommunikation auf Objektebene, indem die Methode eines Objektes in einer virtuellen Maschine die Methode eines anderen Objektes in einer weiteren virtuellen Maschine aufruft, unter Nutzung derselben Syntax [78]. Analog zu CORBA ist ein wesentlicher Vorzug von RMI, dass aufgrund des hohen Abstraktionsniveaus, die Implementierung einer eigenen Kommunikation und eines eigenen Protokolls nicht erforderlich ist. Weitere Vorteile sind die Beibehaltung der Objektorientierung beim Datenaustausch und die reine Java-Sprachbasis. Ein großer Nachteil von RMI ist, dass diese Spezifikation nur vom Netscape Communicator und nicht vom Microsoft Internet Explorer unterstützt wird.

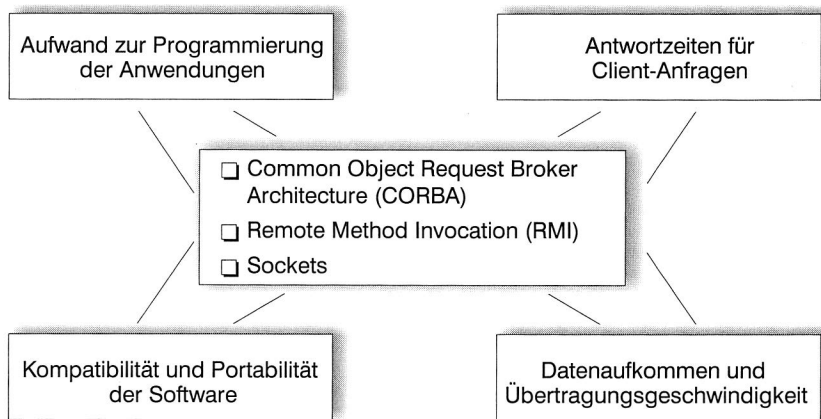


Bild 5-3: Prinzipien zur Realisierung der Interprozesskommunikation und deren Einsatzkriterien

TCP/IP-Sockets

Sockets stellen eine Kommunikation auf unterster Ebene dar. Sie sind somit die allgemeinste und flexibelste Lösung zur Interprozesskommunikation in heterogenen Netzwerken. Die Realisierung einer Socketverbindung ist mit jeder netzwerkfähigen Programmiersprache möglich, wobei Server und Client in verschiedenen Sprachen implementiert sein können und lediglich ein gemeinsames Protokoll definieren müssen. Der Verbindungsaufbau wird dadurch vollzogen, dass serverseitig ein Socket eingerichtet wird, der über IP-Adresse und Portnummer identifizierbar ist. Von Client-Seite

und auf der Client-Seite nicht im Betriebssystem konfiguriert werden müssen. Die JDBC-Treiber als Implementierungen von JDBC lassen sich in Abhängigkeit der Architektur in 4 Kategorien einteilen [78][149][37]:

- ☐ JDBC/ODBC-Bridge (Typ 1-Treiber)
- ☐ Treiber mit datenbankeigenem API (Typ 2-Treiber)
- ☐ Java-Netz-Treiber (Typ 3-Treiber)
- ☐ Direkter Java-Treiber (Typ 4-Treiber)

5.2.5 Zusammenfassende Bewertung

Auf Grundlage der oben aufgestellten Anforderungen wurden die einzelnen Lösungen zum Aufbau eines internetfähigen Kommunikationssystems, mit dem auf Datenbanken zugegriffen werden kann, verglichen. Die Konzepte auf Basis von CGI, Servlets oder den Windows-Technologien IDC/HTX bzw. ASP sind nur für einfache Anwendungen mit geringer Komplexität geeignet, vorzugsweise wenn an den Client lediglich eine dynamisch generierte HTML-Seite zur Darstellung versandt werden soll. Leistungsfähige, verteilte Internet-Anwendungen auf Datenbankbasis lassen sich hingegen mit Java und den damit in Verbindung stehenden Technologien zur Interprozesskommunikation, wie RMI, CORBA und Sockets sowie der JDBC-Schnittstelle entwickeln. Mit Java können zudem komplexe Funktionalitäten unter Anlehnung an die Objektorientierung realisiert sowie die Module einfach erweitert und wiederverwendet werden. Deshalb wurden die Technologien RMI, Sockets, JDBC und Java zum Aufbau des Kommunikationssystems des Telediagnosesystems ausgewählt, um den Zugriff auf verteilte Datenbanken und Werkzeuge zu realisieren.

5.3 Realisierung des internetfähigen Datenbank-Gateways

5.3.1 Konzeptioneller Entwurf mittels Methoden der Interprozesskommunikation und der JDBC-Schnittstelle

Das Telediagnosesystem strukturiert sich räumlich in die drei Bereiche des Betrachtungsobjektes Produktionssystem, des Telediagnoseservers sowie der entsprechenden WWW-Clients zur Ausführung der Programme. Diese Objekte können örtlich verteilt angeordnet sein und müssen mit Hilfe des zu entwickelnden Datenbank-Gateways kommunikationstechnisch verknüpft werden.

Zur Datenbankanbindung im Telediagnosesystem über das Internet muss prinzipiell zwischen nicht netzwerkfähigen und netzwerkfähigen Kommunikationsverbindungen differenziert werden [27]. Bei der zuerst genannten Art befinden sich Applikation und Datenbank auf dem selben Rechner, z.B. bei dem Zugriff des Diagnoseprogramms auf die Diagnosedatenbank. Bei den netzwerkfähigen Verbindungen können Applikation und Datenbank dagegen beliebig im Internet verteilt sein, z.B. bei dem Zugriff des Dia-

gnoseprogramms auf die Zustandsdatenbank. Dies bedeutet, dass vom Browser aus auf eine Datenbank zugegriffen wird, die sich nicht auf dem WWW-Server befindet. Jedoch können Java-Anwendungen aus sicherheitstechnischen Aspekten nur Verbindungen zu dem Rechner aufbauen, von dem sie geladen wurden, so dass für diesen Fall der netzwerkfähigen Anbindung verteilter Datenbanken eine spezielle Lösung entwickelt werden musste, da keine geeigneten Ansätze verfügbar waren. Deshalb sind verschiedene, javabasierte Kommunikationslösungen unter Verwendung der JDBC-Schnittstelle und der Methoden zur Interprozesskommunikation analysiert worden.

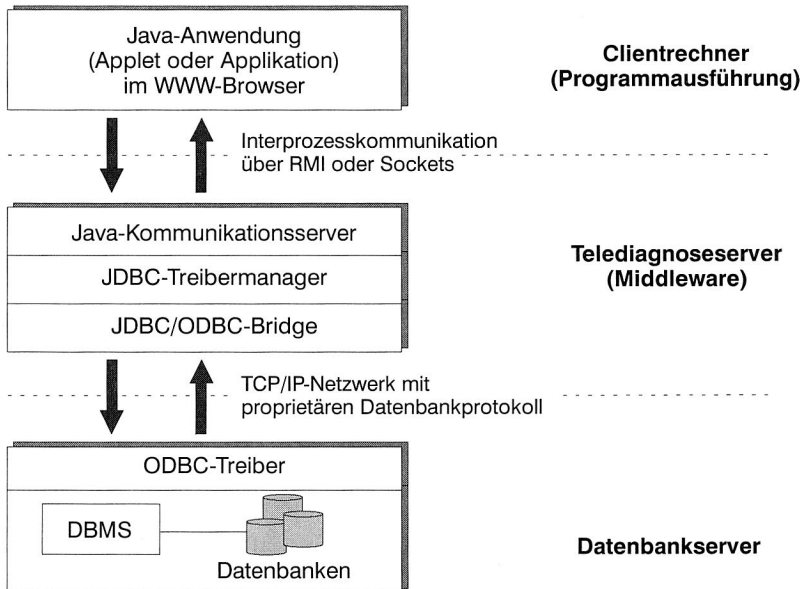


Bild 5-5: Architektur des Datenbank-Gateways mit dem Informationsfluss zwischen dem Anwendungsprogramm und dem Datenbanksystem

Bei einer Datenbankanwendung wird vielfach eine Client-Server-Architektur genutzt, wobei im Server das Datenbankmanagementsystem und im Client die Anwendungslogik sowie der Datenbanktreiber hinterlegt sind. Man spricht vom sogenannten Two-Tier-Model. Im Telediagnosesystem ist es allerdings nicht sinnvoll die Java-Anwendungen direkt mit dem Datenbankmanagementsystem kommunizieren zu lassen. Vielmehr wurde ein Konzept mit zwei Verbindungen entsprechend dem Three-Tier-Model entwickelt (Bild 5-5). Dabei werden die Datenbankaufrufe des Clients über einen als Middleware fungierenden Java-Kommunikationsserver an den Datenbankserver weitergereicht. Die erste Verbindung, zwischen dem Java-Programm und dem Kommunikationsserver, wird über eine Interprozesskommunikationsmethode realisiert. Die zweite Verbindung, der Zugriff von dem Kommunikationsserver auf das Datenbankmanagementsystem, wird über die JDBC-Schnittstelle abgewickelt. Mit dieser

Architektur kann den Sicherheitsbeschränkungen, die bei der Ausführung von Java-Programmen bezüglich des Verbindungsaufbaus bestehen, nachgekommen werden.

Als JDBC-Treiber wurde die JDBC/ODBC-Bridge ausgewählt, da sie eine weitgehende Unabhängigkeit von dem Datenbanksystem gewährleistet sowie die Nutzung der unter Windows95/98/NT4.0 kostenlos zur Verfügung stehenden ODBC-Schnittstelle, inklusive der entsprechenden Treiber.

Durch den dreischichtigen Aufbau des Datenbank-Gateways kann ein großer Teil der Anwendungslogik in die Middleware, den Java-Kommunikationsserver, verlagert werden, so dass das Client-Programm sehr schlank gehalten und die Ladezeit über das Internet stark verkürzt werden kann.

Auf Grundlage der konzeptionell erarbeiteten Three-Tier-Architektur sind zwei Lösungen für das Datenbank-Gateway detaillierter entworfen, implementiert und getestet worden. Im ersten Konzept wurde der Datenaustausch zwischen Kommunikationsserver und Client mit Java über RMI realisiert. Vorteile von RMI sind, wie bereits vorab erläutert, der hohe Abstraktionsgrad auf Objektebene und der geringe Aufwand zur programmtechnischen Umsetzung, da die Implementierung einer eigenen Kommunikation und eines eigenen Protokolls nicht erforderlich ist. Der Nachteil von RMI ist, dass es nur vom Netscape Communicator unterstützt wird und eine Inkompatibilität zum Internet Explorer von Microsoft aufweist, so dass diese Technologie als nicht praktikabel angesehen wurde.

Als zweite Lösung zur Interprozesskommunikation, zwischen einem am WWW-Client ausgeführten Java-Programm und dem Kommunikationsserver in der Zwischenschicht, wurde eine Socketverbindung mit einem eigenen Protokoll auf der Basis von TCP/IP realisiert. Sockets stellen eine Kommunikation auf unterster Ebene dar und sind demzufolge in einer heterogenen Umgebung problemlos einsetzbar, so dass ein plattformübergreifendes Datenbank-Gateway entwickelt werden konnte. Die Socket-Kommunikation besitzt weiterhin die für das Telediagnosesystem bedeutenden Vorteile der sehr schnellen Datenübertragung und der vollkommenen Unabhängigkeit vom eingesetzten WWW-Server und -Browser. Allerdings ist ein erheblicher Mehraufwand konzeptioneller und implementierungstechnischer Art zur Entwicklung des eigenen Protokolls notwendig. Aufgrund der entscheidenden Vorzüge wurde diese Lösung für das Datenbank-Gateway des Telediagnosesystems eingesetzt und wird nachfolgend ausführlich dargelegt.

Das Datenbank-Gateway setzt sich prinzipiell aus den oben genannten drei Schichten und den beiden Verbindungen zwischen diesen zusammen. Der Java-Kommunikationsserver wird in seiner Realisierung als SocketServer bezeichnet und tritt mit einem korrespondierenden Client, mit dem Namen DBClient, der in das aufrufende Java-Programm integriert ist, in Verbindung. Zur Kommunikation zwischen diesen beiden Partnern wird ein neu implementiertes Protokoll auf Basis von TCP/IP-Sockets verwendet. Hinzu kommt die JDBC/ODBC-Bridge zum eigentlichen Zugriff auf die Datenbanken.

Der SocketServer lässt sich über eine definierte Schnittstelle durch Datenstreams ansprechen. Er nimmt die entsprechenden Befehle der DBClient-Instanz der Java-An-

wendung entgegen und leitet sie über die JDBC/ODBC-Schnittstelle an das Datenbankmanagementsystem weiter. In der Gegenrichtung werden die Ergebnisse an das aufrufende Programm zurückgeliefert. Der Kommunikationsserver wird in analoger Weise auf dem Telediagnoseserver und dem Maschinenrechner des Produktionssystems eingesetzt. Zusätzlich musste das Programm noch um eine Proxy-Funktionalität ergänzt werden, so dass die netzwerkorientierten Anfragen eines Java-Programms an eine Datenbank auf dem Maschinenrechner verarbeitet werden konnten. Die Anfragen werden über den SocketServer des Telediagnoseservers, der hierbei lediglich als Proxy fungiert, an den SocketServer des Maschinenrechners weitergeleitet. (Bild 5-6)

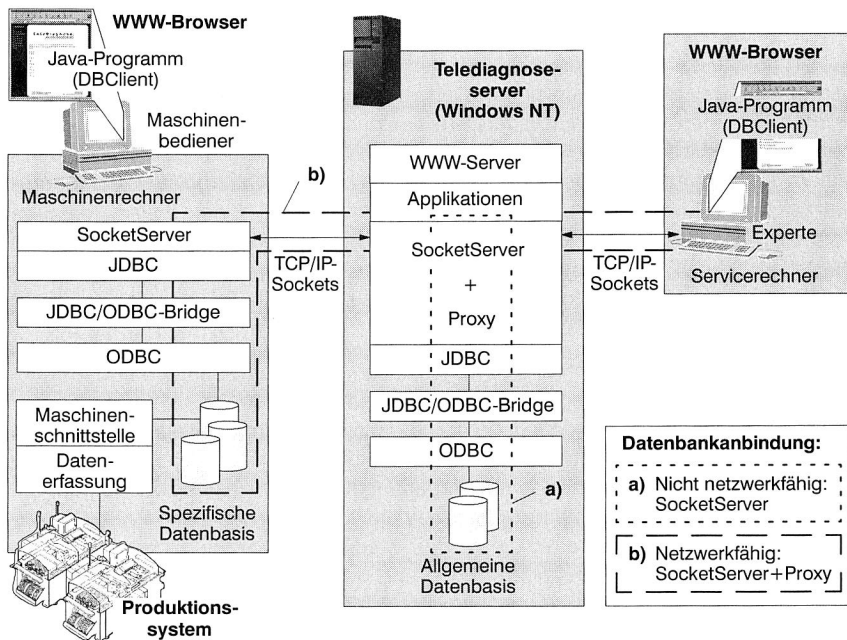


Bild 5-6: Kommunikationsstruktur zum Zugriff auf verteilte Datenbanken über das Datenbank-Gateway und die JDBC/ODBC-Bridge

Eine besondere Eigenschaft dieses Konzeptes ist, neben den Vorteilen der Socket-Kommunikation, die Nutzung desselben Kommunikationsservers sowohl auf dem Maschinenrechner als auch auf dem Telediagnoseserver, mit den entsprechenden Vorteilen bezüglich der Implementierung und Installation des Datenbank-Gateways.

5.3.2 Besondere Aspekte der Implementierung und prinzipielle Funktionsweise des Datenbank-Gateways

Der SocketServer ist vollständig in Java der Version 1.1.6 implementiert und läuft auf jeder Plattform und mit jedem Datenbanksystem. Zur Ausführung wird lediglich eine

Java Virtual Machine sowie ein JDBC-Treiber benötigt, wobei im Telediagnosesystem mit der JDBC/ODBC-Bridge von Microsoft oder Sun Microsystems gearbeitet wird. Der SocketServer lässt sich als Hintergrundprozess starten und kann speziell unter Windows NT 4.0 als Dienst auf dem Telediagnoseserver eingerichtet werden.

Die Client-Klasse DBClient des Datenbank-Gateways ist ebenfalls in Java der Version 1.1.6 implementiert und stellt alle benötigten Methoden zum Öffnen, Schließen und zur Durchführung von Transaktionen mit einer Datenbank über den SocketServer zur Verfügung. Mit einem Client-Objekt lassen sich gleichzeitig Verbindungen zu mehreren Datenbanken aufbauen, wobei der Übergang zwischen den Quellen für den Client völlig transparent erfolgt.

Die Parametrierung des Datenbank-Gateways wurde ausgesprochen flexibel gehalten und wird über eine Konfigurationsdatei und eine Konfigurationsdatenbank vorgenommen (Bild 5-7). Im Gateway selbst lassen sich keine Informationen hinterlegen, da hier lediglich die Kommunikation abgewickelt wird. Die Konfigurationsdatei wird beim Start ausgelesen und enthält die essentiellen Angaben über die URL, die JDBC/ODBC-Bridge sowie den Datenquellennamen der Konfigurationsdatenbank. In dieser sind die weiteren Informationen zur Parametrierung und zum Betrieb des Gateways, die komplette Benutzeradministration (siehe Kapitel 5.4), die Detailangaben zu den verteilten Datenbanken des Telediagnosesystems sowie Logbuch-Daten enthalten.

SocketServer als Dienst unter Windows NT 4.0

Konfigurationsdatei

```

// Konfigurationsdatei für das Datenbankgateway SocketServer
// In dieser Datei werden Informationen über die
// Konfigurationsdatenbank gegeben
// Überprüfen, ob die Datenbanktreiber
// richtig konfiguriert sind
// Konfigurationsdatei
// Konfigurationsdatei
// Konfigurationsdatei

```

variable	wert	Beschreibung
debuglevel	1	1: minimale 5: maximale
httpd	0	0: httpd starten -1: httpd nicht starten
port	7000	Portnummer des Servers
proxy	0	Proxyunterstützung
ip-auth	0	IP Authorisierung durchführen
httpdport	8080	Portnummer des httpd
logfile	log.bc	
webroot	d:\project	
logweb	0	
proxyport	7001	

**Konfigurationsdatenbank
Tabelle ConfigDatenTab**

Bild 5-7: Konfigurationsdatei und Tabelle ConfigDatenTab der Konfigurationsdatenbank zur Parametrierung des SocketServers

In Bild 5-8 ist die prinzipielle Vorgehensweise beim Informationsaustausch zwischen einem Applet und verteilten Datenbanken über das entwickelte Gateway dargestellt. Das vom Telediagnoseserver geladene Java-Programm besitzt ein DBClient-Objekt, welches über einen definierten Port eine Kommunikationsverbindung zum SocketServer des Telediagnoserechners aufbaut und an diesen die benötigten Datenbankangaben sendet. Der SocketServer verarbeitet diese in Abhängigkeit des Kommunikationsports mit dem DBClient-Objekt, entweder durch den Zugriff auf eine lokale Datenbank oder indem er lediglich als Proxy fungiert und die Anfrage an den Socket-

Server des angegebenen Zielrechners über einen anderen Port weiterleitet. Der angesprochene SocketServer übernimmt dann den Datenbankzugriff. In der Gegenrichtung werden die aus der Datenbanktransaktion resultierenden Informationen an das Java-Applet zurückgesendet.

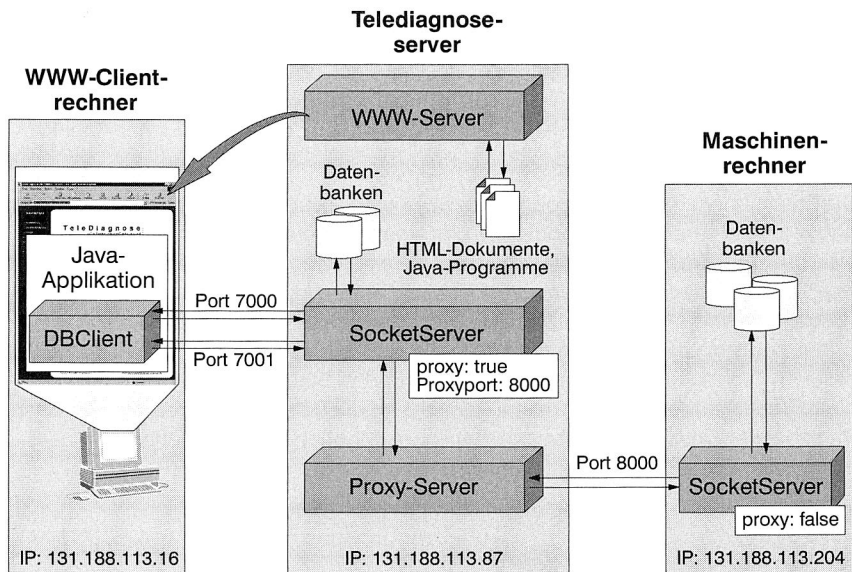


Bild 5-8: Prinzip des Datenbank-Gateways zur Kommunikation zwischen verteilten Anwendungen und Datenbanken im Internet mittels TCP/IP-Sockets

5.3.3 Anforderungsabhängige Kommunikation des Gateways in Verbindung mit Firewalls

Zur Kommunikation sind im Datenbank-Gateway zwei verschiedene Protokolle hinterlegt. In der Regel wird das socketbasierte Protokoll genutzt, das auf der Basis verschiedener in der Programmiersprache Java zur Verfügung gestellter Klassen realisiert wurde. Dessen schlanke Gestaltung sowie die Möglichkeit zur freien Kommunikation, durch die permanente Offenhaltung einer Verbindung für mehrere Anfragen, resultieren in einer hohen Performance bezüglich der Übertragungsgeschwindigkeit.

Unternehmensnetzwerke sind, wie in Kapitel 3.5.3 erläutert, normalerweise durch Firewall-Systeme geschützt. Um eine Kommunikation des Datenbank-Gateways, und somit des Telediagnosesystems, über die verschiedenen Typen von Filterstellen zu ermöglichen, wurde neben dem socketbasierten Protokoll eine weitere Kommunikationsmöglichkeit über das HTTP-Protokoll implementiert. Der Socket-Server erkennt selbstständig über welche Art von Protokoll er Anfragen erhält und reagiert entsprechend.

In Abhängigkeit des eingesetzten Firewall-Typs kann somit eine protokollspezifische Konfiguration des Telediagnosesystems erfolgen. Wird das Unternehmensnetz über einen Application Level Gateway abgeschottet, so kann die Kommunikation über das HTTP-Protokoll realisiert werden, das von diesem Firewallsystem durchgelassen wird. Beim Einsatz eines Paketfilters kann das deutlich schnellere, socketbasierte Protokoll genutzt werden. Dazu muss lediglich die IP-Adresse des Zielrechners und der zur Kommunikation verwendete Port im Firewall-System freigeschaltet werden. (Bild 5-9)

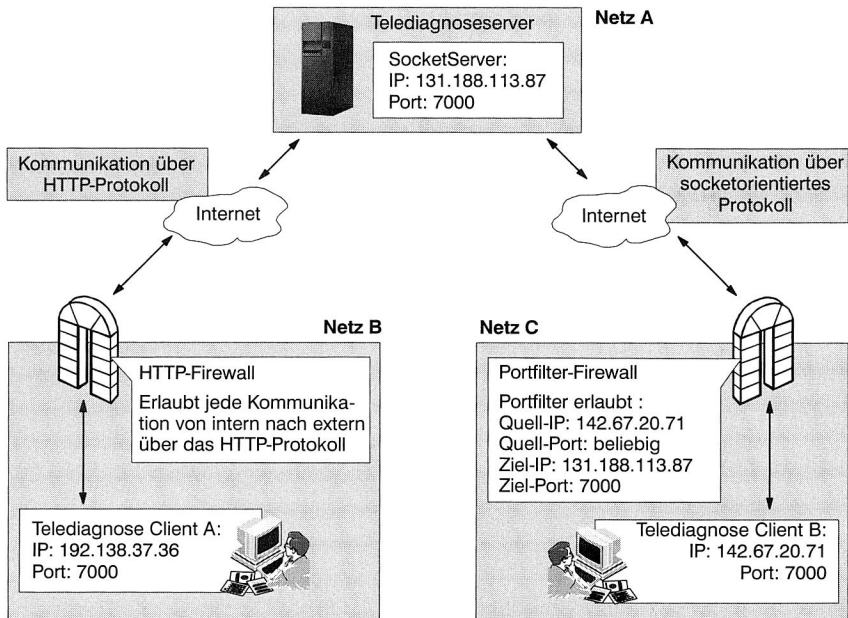


Bild 5-9: Kommunikationsmöglichkeiten des Datenbank-Gateways beim Einsatz verschiedener Firewall-Systeme

5.4 Sicherheit durch Authentifikation und Autorisierung mittels eines Moduls zur System- und Benutzeradministration

Der Zugriff auf die Anwendungen und Datenbereiche des Telediagnosesystems und deren differenzierte Nutzung darf nur ausgewählten Benutzern ermöglicht werden. Deswegen war ein leistungsfähiges Werkzeug zur Administration des Softwaresystems und seiner Benutzer zu entwickeln.

Die Authentifizierung des Anwenders wird durch eine Kennung, bestehend aus Login-Name und Passwort vorgenommen, und ermöglicht den grundsätzlichen Zugang zum Telediagnosesystem, ohne dass damit eine Berechtigung auf Anwendungen und Da-

ten gegeben ist. Die Zuweisung der differenzierten Rechte auf die einzelnen Ressourcen des Softwaresystems wird durch die automatisch während der Anmeldung durchgeführte Autorisierung des aktuellen Nutzers bewerkstelligt.

Für jede einzelne Anwendung des Telediagnosesystems wird prinzipiell dieselbe Login-Prozedur verwendet. Während des Anmeldevorganges werden dabei die differenzierten Rechte des Benutzers aus der nachfolgend beschriebenen Datenstruktur generiert, speziell für die aktuelle Anwendung gesetzt und deren Funktionen entsprechend angepasst. Dieser prinzipielle Vorgang ist in Bild 5-10 dargestellt.

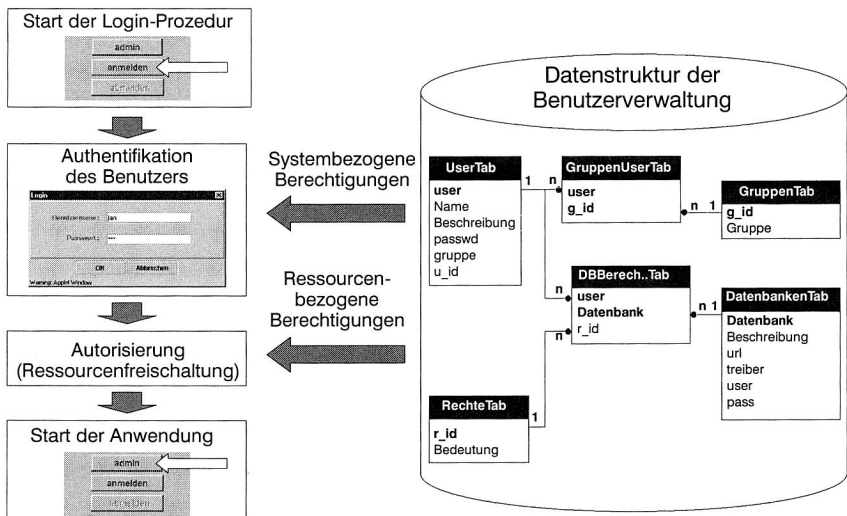


Bild 5-10: Ablauf bei der Benutzeranmeldung mit der Überprüfung und Setzung der Berechtigungen

Die Benutzeradministration wird zentral auf dem Telediagnoseserver zur Verfügung gestellt und basiert auf verschiedenen Tabellen der auf diesem Rechner abgelegten Konfigurationsdatenbank. Zu jedem Benutzer sind in ihr Informationen bezüglich Login-Name und Passwort hinterlegt sowie zusätzlich eine Zuordnung zu einer bestimmten Benutzergruppe vorhanden. Die einzelnen Gruppen beschreiben vornehmlich die verschiedenen Kunden des Herstellers. Standardmäßig sind die drei Gruppen Administrator, Experte und Demo vorbelegt. Sie werden durch weitere Gruppen ergänzt, welche die einzelnen Kunden repräsentieren, für die herstellerseitig die Dienstleistung Telediagnose angeboten wird. Die eigentliche Zugangsberechtigung auf die Ressourcen des Telediagnosesystems wird über die verschiedenen Rechte der einzelnen Anwender bezüglich der global verteilten Datenbanken vorgenommen, womit sowohl der Zugang auf die Datenbestände als auch die Aktivierung der Programme geregelt wird. Bei der Berechtigung wird zwischen den vier abgestuften Arten: kein Zugriff, lesender Zugriff, schreibender Zugriff und Vollzugriff differenziert.

Das Bild 5-11 zeigt beispielhaft eine sinnvolle Vergabe der Rechte bezüglich der einzelnen Anwendungen und Datenbereiche sowie hinsichtlich der Benutzergruppen des Telediagnosesystems. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass für die Mitarbeiter eines Kunden jeweils nur die eigenen Produktionssysteme sichtbar sind. Die hier gezeigte Einstellung der Berechtigungen ist allerdings anforderungsspezifisch von dieser Standardvorgabe abweichend definierbar.

		Administrator	Experte	Mitglied Firma A (*)	Mitglied Firma B (*)	Mitglied Firma ... (*)	Demo (**)
Zugriffsrechte:							
● Vollzugriff	◐ Schreibzugriff						
◑ Lesezugriff	○ Kein Zugriff						
Zustandsvisualisierung	Zustands-DBen	◑	◑	◑	◑	◑	◑
Prozessvisualisierung	Zustands-DBen	◑	◑	◑	◑	◑	◑
Remote Control	–	●	●	●	●	●	○
Diagnose	Zustands-DB	◑	◑	◑	◑	◑	◑
	Diagnose-DB	●	●	◑	◑	◑	◑
Data Mining	Analyse	◑	◑	◑	◑	◑	◑
	Parametrierung	●	◑	◑	◑	◑	◑
Wissenseditor	Diagnose-DB	●	●	◑	◑	◑	◑
Administration	Konfigurations-DB	●	◑	◑	◑	◑	◑
Anwender-kommunikation	Parametrierung	●	◑	○	○	○	○
	Nutzung	●	●	●	●	●	●

DB: Datenbank

(*) Zugriff eines Benutzers bezieht sich nur auf Daten und Maschinen der eigenen Firma

(**) Zugriff des Benutzers Demo bezieht sich lediglich auf spezielle Demodaten

Bild 5-11: Benutzergruppen mit zweckmäßiger Zuordnung der Rechte innerhalb des Telediagnosesystems

Zur Pflege der Benutzerverwaltung wurde ein graphisches Administrationsprogramm auf der Basis von Java 1.1.6 und des Datenbank-Gateways entwickelt. Dieses ermöglicht es, ohne Kenntnisse über die zugrunde liegende Datenstruktur der Konfigurationsdatenbank und die eingesetzten Verfahren, Benutzerkonten, Datenbankberechtigungen und Gruppen sehr komfortabel zu verwalten. Für dieses Werkzeug selbst wird ebenfalls der vorab beschriebene Anmeldevorgang durchgeführt.

Zur Parametrierung stehen in dem Programm drei wesentliche Masken zur Verfügung (Bild 5-12), die in ihrer Gestaltung und ihren Interaktionsmöglichkeiten an die Benutzerverwaltung von Windows NT 4.0 angelehnt sind, um eine schnelle Einarbeitung und sichere Bedienung zu ermöglichen. Über das Benutzer-Fenster werden der Login-Name und das Passwort sowie die Gruppenzugehörigkeit der einzelnen Anwender festgelegt. Im Dialog Datenbanken wird jede einzelne Datenbank mit ihren JDBC/ODBC-Treiber bezogenen Informationen, sowie Angaben über die zugriffsberechtigten Personen und deren Rechte definiert. Zur Festlegung der Gruppen, die vor allem zur Anlage der Kunden des Herstellers dienen, ist eine weitere Maske vorhanden.

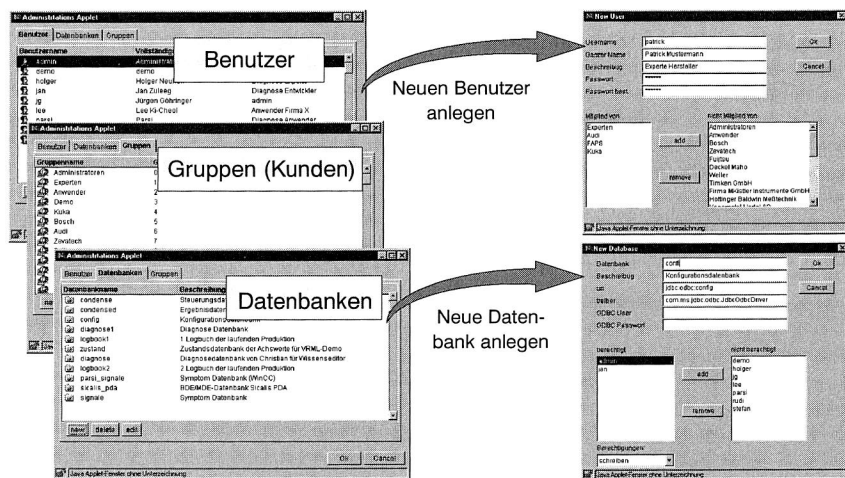


Bild 5-12: Exemplarische Dialoge des Programms zur Administration des Telediagnosesystems

5.5 Projektierbare Schnittstelle zur datentechnischen Koppelung des Telediagnosesystems an Produktionsmaschinen

5.5.1 Entwurf und Beschreibung der allgemeinen Systemschnittstelle

Der leistungsfähige Einsatz des Telediagnosesystems erfordert die breite, stetige und dynamische Erfassung markanter Informationen der Produktionssysteme, als Grundlage zur Generierung aussagekräftiger Visualisierungen und zur Erstellung sicherer Diagnosen. Dabei müssen die Daten qualitativ hochwertig und von hoher Aktualität sein. Die Datenaufnahme bezieht sich insbesondere auf technische Informationen, wie Fehlermeldungen und Maschinenzustände (z.B. Achspositionen) sowie auf spezifi-

sche Prozesskennwerte (z.B. Bearbeitungskräfte). Ergänzung finden diese durch organisatorische Daten, die hier allerdings nur eine geringe Bedeutung besitzen. Die Datenerfassung erfolgt hauptsächlich automatisch, wobei vor allem auf die Steuerungen zurückgegriffen wird, aus denen eine direkte Entnahme der Informationen erfolgen kann. Zur Akquisition steuerungsunabhängiger Daten wird die in die Produktionssysteme integrierte Sensorik genutzt. Daneben besitzt die manuelle Dateneingabe einen wichtigen Stellenwert, denn hier können die vielschichtigen Fähigkeiten des Menschen, bezüglich Aufnahmevermögen und flexibler Handlungsfähigkeit, Berücksichtigung finden. Auch können nicht alle erforderlichen Daten projiziert werden, da sie einerseits a priori unbekannt sind und andererseits vielfach der technische und monetäre Aufwand für die Integration zusätzlicher Sensorik, im Vergleich zum erzielbarem Nutzen, zu hoch ist.

Um eine variable Koppelung des Telediagnosesystems mit verschiedenen Produktionssystemen zu ermöglichen, wurde eine Schnittstelle zwischen beiden Systemen definiert. Über diese maschinenspezifische Schnittstelle werden die zu erfassenden Daten in einem definierten Format lokal in der Zustandsdatenbank abgelegt. Als Datenbanksystem wird das Standardwerkzeug Microsoft Access 7.0 verwendet. Die spezifische Schnittstelle zum Produktionssystem ist von jedem Hersteller nur einmal zu entwickeln, wobei vielfach eine reine Softwarelösung in Form eines Preprozessors zur Gewinnung der benötigten Daten genügt. Bei einem Wechsel des Maschinen- oder Anlagentyps ist somit nur der Preprozessor entsprechend anzupassen. Zur Datenerfassung kann entweder der Steuerungsrechner, insbesondere wenn dieser über ein Windows-Betriebssystem verfügt, oder ein externer PC eingesetzt werden.

5.5.2 Parametrierbare Schnittstelle zu Produktionsanlagen über ein kommerzielles Bedien- und Beobachtungssystem

In Produktionsanlagen wird eine große Bandbreite an Automatisierungsgeräten eingesetzt, wie beispielsweise Roboter und numerisch gesteuerte Achsen. Dabei werden unterschiedlichste Steuerungstypen in verschiedenen Konfigurationen verwendet, die entweder direkt oder über eine übergeordnete, separate Kommunikationssteuerung vernetzt sind, wobei der Datenaustausch häufig über Feldbusse abgewickelt wird. Aufgrund dieser hohen Vielfältigkeit an Automatisierungslösungen, ist der Aufwand zur Koppelung des Telediagnosesystems mit Anlagen sehr hoch, da jeweils eine individuelle Lösung aufzubauen ist [29].

Um diesen Aufwand zu reduzieren, wurde die parametrierbare Schnittstelle WinCCInterface zwischen dem Telediagnosesystem und dem industriell weit verbreiteten Bedien- und Beobachtungssystem WinCC (Windows Control Center) [117][116] der Firma Siemens entwickelt. WinCC besitzt eine offene Architektur und besteht aus mehreren modularen Komponenten. Über verschiedene Standardschnittstellen, wie beispielsweise ODBC, wird es externen Applikationen ermöglicht, auf die internen Daten zuzugreifen. Für die entwickelte Schnittstelle wurde vor allem der WinCC-Datenmanager genutzt, der die Führung des Variablenhaushaltes und die Kommunikation mit den

Automatisierungsgeräten übernimmt. Zu jedem von WinCC unterstütztem Gerät steht eine sogenannte Kanal-DLL (Dynamic Link Library) zur Verfügung, welche die Anbindung an den entsprechenden Kommunikationstreiber der jeweiligen Steuerung übernimmt [116]. WinCC läuft auf PCs unter dem Betriebssystem Windows NT 4.0, so dass ein problemloser Anschluss an das Internet möglich ist.

Zielsetzung war es, möglichst viele Automatisierungsgeräte ohne spezifische Programmierung, nur mit einer einfachen Parametrierung an das Telediagnosesystem koppeln zu können. Das entwickelte Drei-Ebenen-Modell erlaubt es, diese beiden unabhängigen Schichten durch eine dritte Schicht, das WinCCInterface, zu trennen, welche die Umsetzung zwischen den beiden anderen auf einheitliche Weise vollzieht.

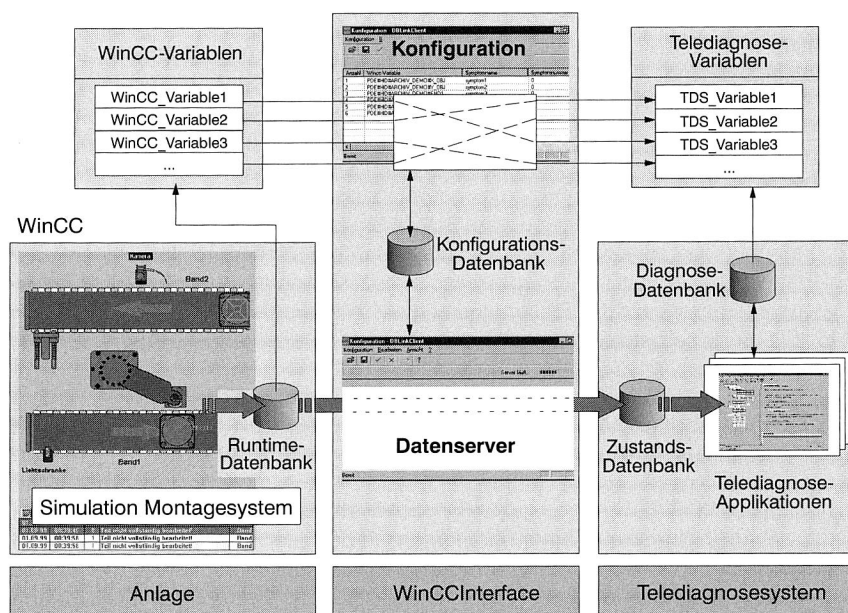


Bild 5-13: Parametrierbare Schnittstelle WinCCInterface zwischen dem Bedien- und Beobachtungssystem WinCC und dem Telediagnosesystem

In WinCC wird die Parametrierung und Archivierung der Maschinen- und Prozessdaten von dem sogenannten Tag-Logging-System übernommen, für das ein Konfigurations- und ein Runtime-Modus vorhanden ist. Die Variablen können diskreter und kontinuierlicher Art sein. Deren aktuelle Werte und die dazugehörigen Zeitstempel stehen während der Laufzeit in der Runtime-Datenbank zur Verfügung. Die Zuordnung der im Telediagnosesystem verwendeten Variablen, die in der Diagnosedatenbank am WWW-Server definiert sind und ihre aktuellen Werte in der Zustandsdatenbank des Produktionssystems besitzen, mit den entsprechenden Variablen von WinCC ist in einer Konfigurationsdatenbank hinterlegt. Die Parametrierung wird über eine graphi-

sche Oberfläche der Schnittstelle vorgenommen. Im Anlagenbetrieb übernimmt der Datenserver des Programms WinCCInterface den Informationsaustausch zwischen der Runtime-Datenbank von WinCC und der Zustandsdatenbank des Telediagnosesystems, entsprechend der parametrisierten Variablenzuordnung. Die Implementierung der Schnittstelle WinCCInterface erfolgte in der objektorientierten Programmiersprache C++. (Bild 5-13)

Zur Demonstration der Schnittstelle ist die graphische Simulation einer Montageanlage in WinCC aufgebaut worden, indem diese Anlage visualisiert, dynamisch aktiviert und entsprechende Variablen definiert worden sind. Somit konnten aus den Bewegungsoperationen realistische Daten gewonnen werden. Zusätzlich ist der WinCC-Variablen Simulator eingesetzt worden, der mit verschiedenen mathematischen Funktionen einzelne Variablen mit zeitabhängigen Werten belegen kann. Mit dieser Simulation konnte der erfolgreiche Test der entwickelten Schnittstelle durchgeführt werden.

5.5.3 Exemplarische Koppelung an die PC-basierte Steuerung einer Werkzeugmaschine

Entwickelt wurde weiterhin eine softwaretechnische Schnittstelle zwischen dem Telediagnosesystem und einer PC-basierten Maschinensteuerung der Firma FIDIA, die in einer Heyligenstaedt Oberflächenfräsmaschine eingesetzt ist. Die Realisierung dieses als FIDIAInterface bezeichneten Kommunikationsbausteins erfolgt im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit einem Automobilunternehmen, bei dem das Telediagnosesystem eingesetzt wurde.

Der in die FIDIA-Steuerung integrierte PC wird mit dem Betriebssystem Windows NT 4.0 betrieben, so dass hardwareseitig mit einer Netzwerkkarte sowie softwareseitig mit der TCP/IP-Protokollfamilie, einer IP-Adresse und dem SocketServer eine kommunikationstechnische Koppelung an das Unternehmensnetzwerk und somit an das Internet realisiert werden konnte.

Zur Bereitstellung der notwendigen Daten für die Anwendungen des Telediagnosesystems müssen diese durch die Schnittstelle aus der Steuerung in die Zustandsdatenbank transferiert werden. Der Zugriff auf die Maschinen- und Prozessdaten wird auf Basis der Programmierschnittstelle des Steuerungsherstellers FIDIA [93] bewerkstelligt. Diese besteht aus einer Reihe von Funktionen, die in einer Bibliothek zusammengefasst sind und in Form einer OCX-Komponente (Object Custom Control) [101] bereitgestellt werden. Durch die Einbindung dieser Komponente in das Schnittstellenprogramm können Kommandos an die CNC-Steuerung (Computerized Numerical Control) abgesetzt und Daten ermittelt werden. Der besondere Vorteil dieser direkten Koppelung mit der Maschinensteuerung ist die hohe Aktualität der Daten, denn durch die Integration der OCX-Programmierschnittstelle in das Modul FIDIAInterface können die erforderlichen Daten direkt vom Steuerungsserver über den internen Datenbus abgefragt werden. Die weitergehende Speicherung der Informationen wird über die ODBC-Schnittstelle in der Zustandsdatenbank vorgenommen. (Bild 5-14)

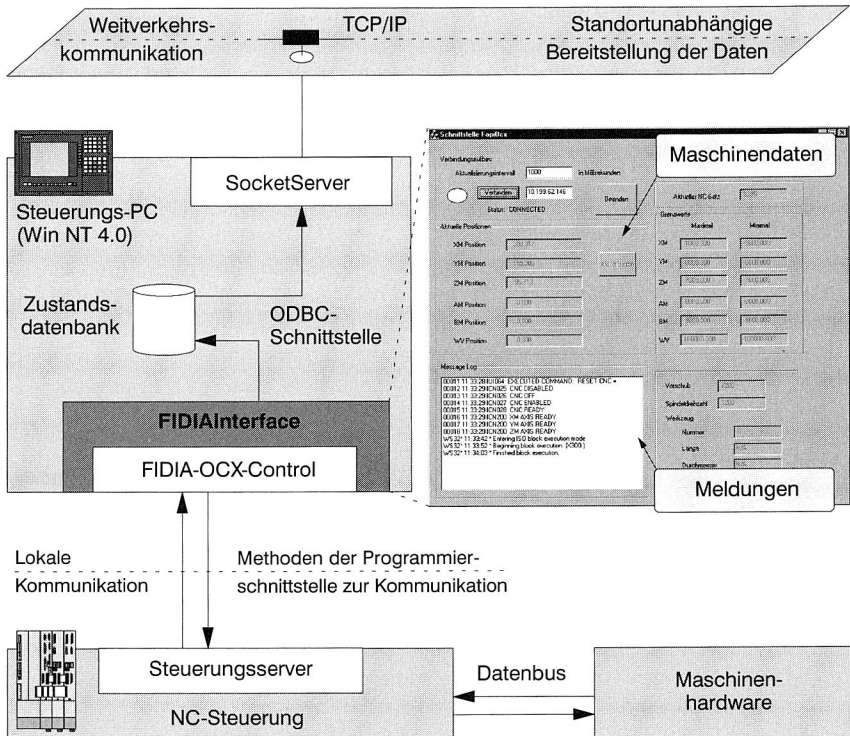


Bild 5-14: Aufbau und Realisierung der Schnittstelle FIDIAInterface zur direkten An-koppelung der Maschinensteuerung über eine Programmierschnittstelle

Mit dem integrierten OCX-Softwarebaustein des Hersteller gestaltet sich die Funktio-nalität des Moduls FIDIAInterface zum Schnittstellenhandling zwischen der Steuerung und der Zustandsdatenbank des Telediagnosesystems folgendermaßen:

1. Verbindungsaufnahme mit der Steuerung über den internen Datenbus
2. Abfrage der definierten Maschinen- und Prozessdaten
3. Netzbasierte Bereitstellung der Informationen durch deren Eintragung in die Zustandsdatenbank des Telediagnosesystems

Die programmtechnische Implementierung des Moduls FIDIAInterface erfolgte unter Verwendung der Programmierschnittstelle des Steuerungsherstellers und der objek-torientierten Sprache C++. Die Oberfläche der Schnittstelle ist in Bild 5-14 dargestellt. Neben dem zyklischen Auslesen verschiedener Steuerungsparameter werden auch die ausgegebenen Meldungen erfasst und in der Zustandsdatenbank zur Weiterver-arbeitung durch das Programm zur automatischen Benachrichtigung im Fehlerfall (siehe Kapitel 6.5) bereitgestellt.

6 Entwicklung der internetbasierten Systemmodule zur Visualisierung und Anwenderkommunikation

Die standortunabhängige und umfassende Visualisierung des aktuellen Zustandes von Produktionssystemen via Internet, ist die Grundvoraussetzung für den schnellen und fundierten Einsatz des Telediagnosesystems. Die Effizienz der entsprechenden Werkzeuge hängt dabei entscheidend von der vollständigen Extraktion der notwendigen Informationen, deren Aktualität sowie der problemangepassten Darstellung ab.

Im wesentlichen soll durch die Visualisierung, dem als entfernten Anwender tätigen Serviceexperten des Herstellers, ein vollständiges und möglichst detailliertes Abbild der realen Situation des Zielsystems und dessen Prozesse gegeben werden, um darauf basierend die Erstellung sicherer Diagnose zu ermöglichen. Der Nutzen solcher Werkzeuge ist allerdings nicht nur bei der Verwendung über große Distanzen durch die Herstellerbetreuung gegeben, sondern ist auch im innerbetrieblichen Einsatz zur zentralen Überwachung von Maschinen aus der Planungs- und Leitebene vorhanden. Störungen lassen sich somit von den Entscheidern schnell erkennen, so dass adäquate Reaktionsstrategien, auch organisatorischer Art, angestoßen werden können.

Zur umfassenden Visualisierung eines Produktionssystems müssen dem Anwender des Telediagnosesystems die Zustandsdaten graphisch dargestellt, der Zugriff auf die Bedienoberflächen der Steuerungen ermöglicht sowie der Fortschritt des Bearbeitungsprozesses nachvollziehbar angezeigt werden. Von besonderer Bedeutung zur Unterstützung der Visualisierung ist der Austausch multimedialer Daten zwischen den beteiligten Partnern, dem Bediener vor Ort und dem Experten, um so rechnerisch nicht erfassbare Situationen zu beschreiben und darzustellen. Den Ausgangspunkt für eine Telediagnosesitzung liefert die automatische und standortunabhängige Benachrichtigung des zuständigen Personals.

Das genannte Aufgabenspektrum wird durch mehrere Programme des Telediagnosesystems abgedeckt, die auf der Basis der Technologien des Internets entwickelt, über dieses Medium verbreitet und mit einem WWW-Browser ausgeführt werden:

- ☐ Zustandsvisualisierungsprogramm (ZuVisual):
Darstellung der Betriebs- und Maschinendaten von Produktionssystemen
- ☐ Prozessvisualisierungsprogramm (ProVisual):
Virtuelle Visualisierung des Bearbeitungsprozesses
- ☐ Fernsteuerungsprogramm:
Übertragung der Bildschirmausgabe des Steuerungsrechners zur Fernbedienung der Maschine
- ☐ Anwenderkommunikationsprogramm:
Kommunikationssystem zum bidirektionalen Austausch multimedialer Informationen zwischen mehreren Personen
- ☐ Benachrichtigungsmodul:
Komponente zur automatischen Information der Anwender im Störfall

Die Strukturierung der zu visualisierenden Informationen wurde in Anlehnung an die Vorgehensweise eines Experten bei der Durchführung einer Diagnose konzipiert. Konkret bedeutet dies, dass, datentechnisch betrachtet, ein zweistufiger Aufbau realisiert wurde (Bild 6-1).

In der ersten Stufe – der Gesamtübersicht – wird ein Überblick über die in der Fertigung eingesetzten und im Programm parametrisierten Produktionssysteme gegeben. Die einzelnen Objekte sind in einem Fenster rasterartig angeordnet, wobei schwerpunktmäßig darauf Wert gelegt wurde, dass die Zustände sowie wichtige Kennzeichen zur Identifizierung und Lokalisierung der Maschinen schnell erkennbar sind. Der Status eines Systems wird zum einen graphisch mit einem farbigen Symbol und zum anderen durch eine Kennzahl und deren textueller Beschreibung ausgedrückt. Somit ist der Experte unmittelbar in der Lage zu erkennen, ob und an welchen Systemen eine Störung vorliegt. Die einzubindenden Maschinen lassen sich frei parametrieren, so dass eine individuelle Zusammenstellung der jeweiligen Sichtweise möglich ist.

Die parallele Darstellung von Statusangaben mehrerer Produktionseinheiten ist vor allem bei der Betreuung verketteter Systeme von Bedeutung. Sind gleichzeitig verschiedene Stationen gestört, so ist eine optimale Reihenfolge der Fehlerbehandlung planbar, z. B. indem die taktgebende Station zunächst entstört wird [27]. Beispielsweise ist die Elektronikproduktion durch eine mehrstufige Prozesskette (Dispensen - Bestücken - Löten) gekennzeichnet, die durch die Verkettung einzelner Automaten realisiert wird. Somit sind eine Vielzahl aufeinander aufbauender Fertigungsschritte vorhanden, aus denen sich die besondere Problemstellung ergibt [45]. Das Ziel der hohen Verfügbarkeit und Produktqualität bei minimalen Durchlaufzeiten ist nur erreichbar, wenn die Einzelsysteme und insbesondere die taktgebende Station störungsfrei arbeiten.

Durch die Auswahl einer Maschine können zu dieser in der zweiten Stufe – der Detailansicht – weitere, signifikantere Informationen abgerufen werden, so dass der Anwender ein genaues Bild vom Zielobjekt erhält. Auch in dieser Darstellung sind die Bezeichnung und der Status der Maschine mit aufgenommen, die durch weiterführende Angaben, wie den Maschinentyp, die spezifischen Auftragsdaten sowie eine bildliche Darstellung des Systems erweitert ist. Die Auftragsdaten bestehen wiederum aus mehreren Einzelinformationen, wie Auftragsnummer, -art, -status sowie der Losgröße und der Anzahl der produzierten Teile.

Zur eindeutigen Lokalisierung eines Produktionssystems sind weitere Attribute erforderlich, insbesondere die Angabe des Standortes. Unterstützt wird dies durch die Komponente Lageplan (Bild 6-1), die in einer graphischen Darstellung die räumliche Position der Maschinen oder Zellen in einem Fertigungsstandort anzeigt. Der Experte kann bei Bedarf einen Maschinenbediener zu der zu diagnostizierenden Maschine leiten, um in Kooperation mit diesem nähere Informationen in Erfahrung zu bringen.

Ein generell wichtiger Aspekt bei der Visualisierung ist die Aktualität der Daten. Die angezeigten Informationen müssen einen möglichst aktuellen Zustand der Maschinen widerspiegeln. Hierzu finden die Mechanismen der ereignisgesteuerten, periodischen und manuellen Aktualisierung Anwendung. Die manuelle Erneuerung der Anzeige

stellt eine sehr robuste Methode dar und nutzt die beschränkte Bandbreite des Internets optimal aus, da nur bei Bedarf eine Aktualisierung der Informationen erfolgt. In der Zustandsvisualisierung wurde diese Variante umgesetzt.

Aufgrund der häufig beschränkten Bandbreite von Internetverbindungen sind hohe Änderungsraten bei einzelnen Werten nicht verarbeitbar, so dass deren Echtzeitdarstellung nicht sinnvoll ist. Deshalb ist im Telediagnosesystem ein Verdichtungsprogramm vorhanden, das auf den Maschinen läuft und aktuelle Daten lokal in Datenbanken archiviert sowie bezüglich interessanter Kriterien kumuliert. Bei Bedarf können ausgewählte Werte in einem definierbaren Zeitfenster übertragen und visualisiert werden. Diese Funktionalität wird in Kapitel 8 vorgestellt.

Die Zustandsvisualisierung eignet sich im besonderen Maße auch für den Einsatz im firmeninternen Intranet. Die gestufte Informationsbereitstellung unterstützt die differierenden Anforderungen der verschiedenen Benutzergruppen, die Daten in unterschiedlichen Detaillierungsgraden benötigen. Den Entscheidungsträgern in der Leitebene wird ein umfassender Überblick über die aktuelle Situation der Produktionssysteme gegeben, wodurch die Transparenz in diesem Bereich deutlich erhöht und eine gesicherte Grundlage für die Einleitung von Maßnahmen gelegt wird. Auf der Ebene der Werker stellt die parallele Überwachung mehrerer Systeme durch einen hoch qualifizierten Mitarbeiter ein weiteres Anwendungsfeld des Programmes dar.

6.1.2 Modulare Implementierung der Visualisierungsfunktionalität

Die Implementierung der internetfähigen, datenbankgestützten Zustandsvisualisierung basiert auf den Anforderungen und der Architektur, die während der Konzeptphase des Telediagnosesystems definiert worden sind (siehe Kapitel 4.2 und 4.3). Zur Codierung wurde die Programmiersprache Java in der Version 1.1.6 herangezogen.

Die benötigten Informationen werden beim Aufruf des Programmes, oder bei der Aktivierung der Funktion zur Aktualisierung, über das Internet aus der Datenbasis abgefragt, mittels dieses Netzwerkes auf den Clientrechner geladen, und dort in der aus dem WWW-Browser gestarteten Applikation dargestellt. Die Kernpunkte der Implementierung sind demzufolge die Kommunikationsverbindung zwischen dem Java-Programm und der Datenbank via Internet, die Visualisierung der Zustandsdaten durch die Applikation sowie die problemspezifische Parametrierung der abzubildenden Produktionssysteme.

Aufgrund der beliebigen räumlichen Verteilung von Telediagnoseserver und Datenbanken, wurde das im Kapitel 5 vorgestellte Datenbank-Gateway integriert, mit dem socketorientierten Mechanismus zum Informationsaustausch zwischen Client und Server sowie der Anbindung von Datenbanksystemen über die JDBC/ODBC-Bridge. Das programmtechnische Vorgehen, vom Aufruf der Applikation Zustandsvisualisierung, bis zur Darstellung der angeforderten Informationen, ist aus Bild 6-2 zu ersehen.

Nach dem Start des Programmes wird eine Liste von Maschinen erzeugt, die aus den Parametern hervorgehen, die in die Start-HTML-Seite eingebettet sind. Somit wird der Forderung zur flexiblen Parametrierung einer gezielten Auswahl von Maschinen einer Produktionsstätte Rechnung getragen. Dies bedeutet, dass einzelne Komponenten ohne Änderung der Implementierung hinzugefügt oder gelöscht werden können. Diese maschinenspezifischen Angaben dienen zur Aufstellung der SQL-Statements für die Datenbankabfragen. Aus Flexibilitätsgründen wird für jede Maschine ein eigenes Objekt generiert und separat für dieses die relevanten Informationen ermittelt. Dazu treten die Maschinenobjekte mit dem SocketServer in Verbindung und übergeben die Abfrageparameter. Mit dessen Methoden wird zunächst eine Verbindung zur Datenbank aufgebaut, und danach werden die SQL-Abfragen durchgeführt. Die Ergebnisse bezüglich des Maschinenobjektes werden an die aufrufende Java-Applikation zurückgeliefert, zur Erzeugung der graphischen Ausgabe. Die visuelle Darstellung der Maschinenobjekte mit ihren Informationen ist der letzte Schritt in der Ablaufkette.

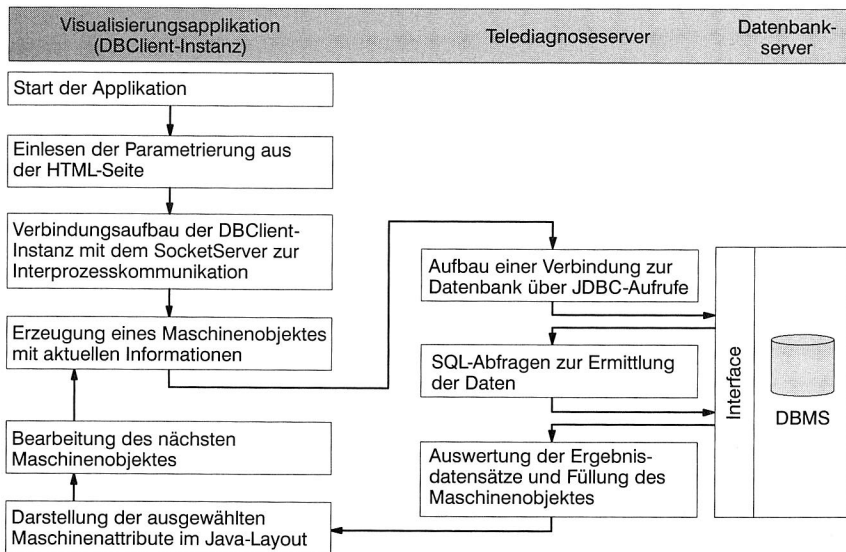


Bild 6-2: Ablauf der datenbankgestützten Erzeugung von Maschinenobjekten zur Visualisierung

Die Implementierung musste dynamisch realisiert werden, so dass problemangepasste Sichten auf die Gesamtmenge von Maschinen sowie individuelle Parametrierungen ohne Eingriffe in den Quellcode definierbar sind. Die veränderbaren Einstellungen zur Konfiguration des Programmes beziehen sich auf folgende Parameter:

- ☐ Liste zur Darstellung freigegebener Maschinen
- ☐ Name der als Informationsquelle dienenden ODBC-Datenbank
- ☐ Interprozesskommunikationsmethode zwischen Server und Applikation

6.2 Programm zur virtuellen Visualisierung des Prozesszustandes

6.2.1 Konzeption der Prozessvisualisierung mit der internetbasierten 3D-Modellierungssprache VRML

Eine weitere Programmkomponente des Telediagnosesystems ist das internetbasierte Prozessvisualisierungsprogramm ProVisual, zur Online-Darstellung der Fertigungsprozesse von Produktionssystemen in WWW-Browsern. Der übergeordnete Anspruch dieses Werkzeuges ist die möglichst realitätsnahe und zeitsynchrone Nachbildung von Fertigungsprozessen, so dass ein entfernt tätiger Diagnoseexperte oder Maschinenbediener ein umfassendes Bild des aktuellen Fertigungszustandes und insbesondere des derzeitigen Fertigungsfortschrittes erhält. Der Nutzen ist vornehmlich in der standortunabhängigen Überwachung von Prozessen, aber auch in der Verwendung dieser aktuellen Informationen für die Problemlösungsstrategien bei der Fehlerdiagnose zu sehen. Die Prozessvisualisierung bildet die logische Fortsetzung in der diagnostischen Informationskette, ausgehend von der maschinenorientierten Zustandsvisualisierung in die ausgeführten Prozesse hinein.

Der grundlegende konzeptionelle Ansatz der Prozessvisualisierung liegt darin, die Relativbewegung zwischen dem aktuell eingesetzten Werkzeug und dem zu bearbeitenden Werkstück online darzustellen. Hierfür sind dreidimensionale Modelle der Maschine, des Werkzeuges und des Werkstückes zu generieren sowie die notwendigen Bearbeitungsparameter durch eine datentechnische Koppelung aus der Maschinensteuerung auszulesen, um damit die erforderlichen Bewegungsoperationen zu vollziehen (Bild 6-3). Aus diesem Entwurf und den Randbedingungen des Telediagnosesystems sind nachfolgende Kriterien gegeben, welche die Anforderungen an das Programm zur Prozessvisualisierung umreißen.

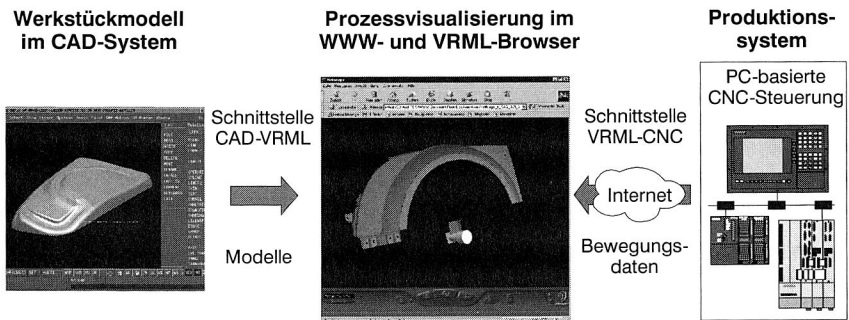


Bild 6-3: Virtuelle Darstellung von Fertigungsprozessen via Internet in einem WWW-Browser

Zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen des Telediagnosesystems hinsichtlich Netzwerkfähigkeit und Plattformunabhängigkeit ist eine Lösung zu entwickeln, die

auf Internettechnologien basiert. Die notwendigen Module sind in der Sprache Java zu codieren und die graphische Ausgabe ist in einem WWW-Browser zu erzeugen.

Für eine realitätsnahe Darstellung von Objekten im Internet kann die Modellierungssprache Virtual Reality Language (VRML) genutzt werden (siehe Kapitel 3.4.1), mit der sich dreidimensionale Geometrien in WWW-Browsern abbilden und graphisch anzeigen lassen. Über diverse Steuerungsschalter kann der Anwender zudem beliebig in der sogenannten "VRML-Welt" navigieren und die Objekte aus verschiedenen Blickrichtungen und Entfernungen betrachten. Die Interpretation und Visualisierung der Datenfiles der Modellierungssprache VRML in WWW-Browsern, wird in Verbindung mit frei verfügbarer Zusatzsoftware vorgenommen.

Im Funktionsumfang von VRML 97 wird eine essentielle Eigenschaft für die Prozessvisualisierung bereitgestellt, über die es möglich ist, durch Translation und Rotation der VRML-Objekte, Bewegungsbahnen zu definieren und somit den Übergang von der statischen in eine dynamische Welt zu vollziehen. Denn für die realitätsnahe Online-Darstellung der Prozessvorgänge müssen die tatsächlichen Bewegungsoperationen des Werkzeuges in der Maschine zur Synchronisierung der Simulation, d.h. zur Steuerung der Objekte in der modellierten Welt, bereitgestellt werden.

Allerdings ist hierfür nicht nur eine Dynamik hinsichtlich der Kinematik der einzelnen Objekte des VRML-Raumes gefordert, sondern es muss ebenfalls ein Informationsfluss zwischen der VRML-Welt und einer externen Anwendung realisierbar sein, welche die programmtechnische Steuerung der Bewegungen der VRML-Objekte, synchron zu den aktuellen Bewegungsdaten des realen Werkzeuges übernimmt. Als Programmierschnittstelle stellt VRML hierzu das External Authoring Interface (EAI, siehe Kapitel 3.4.1) bereit, mit welchem interaktiv auf die modellierte Welt Einfluss genommen werden kann. Als Programmiersprache wird Java unterstützt, in der die externe Anwendung aufgrund der notwendigen Internet- und Netzwerkfähigkeit implementiert wurde.

Die Prozessvisualisierung ist eine rein virtuelle Methode, bei der ausschließlich Modelle der beteiligten Objekte verwendet werden. Sie kann als ideale Ergänzung zur Übertragung realer Bilder mit einer an der Maschine angebrachten Kamera gesehen werden. Die VRML-Lösung hat im Vergleich zu Kameraaufnahmen nur einen begrenzten Realitätsbezug, da die Visualisierung auf Daten basiert, die nur einen eingeschränkten Ausschnitt des Prozesses erfassen können. Allerdings stehen dem Anwender bei der virtuellen Lösung ausgeprägte Möglichkeiten zur Navigation zur Verfügung, so dass zu jedem Zeitpunkt eine beliebige Perspektive einnehmbar ist. Vom Aspekt der Datenmenge und somit der Übertragungsrate aus gesehen, sind erhebliche Unterschiede zwischen beiden Verfahren gegeben. Insbesondere im Internet sind die vorhandenen Bandbreiten derzeit noch begrenzt, so dass Einschränkungen bei der Bildübertragung gegeben sind. Bei der virtuellen Prozessvisualisierung steht demgegenüber nur die einmalige Übertragung der Modelldaten sowie die zyklische Übermittlung der Bewegungsinformationen, welche sich auf wenige Bytes beschränken.

6.2.2 Generierung der VRML-Objekte von Werkstück und Werkzeug

Die Grundlage einer aussagekräftigen Prozessvisualisierung bilden detailgetreue geometrische Modelle der Werkzeuge und insbesondere der Werkstücke, die in dem Format der Sprache VRML vorliegen müssen, um deren Darstellung im WWW-Browser zu gestatten. Die Generierung dieser Datensätze soll im folgenden anhand des realisierten Beispiels eines Fräsprozesses aufgezeigt werden.

Das Werkzeug lässt sich aufgrund der einfachen Geometrie und der nicht notwendigerweise exakten Darstellung aus zylindrischen Elementen aufbauen. Die deutlich komplexeren Geometrien der Werkstücke, die zudem sehr exakt zu modellieren sind, müssen aus CAD-Daten extrahiert und in das VRML-Format konvertiert werden.

Als CAD-System wurde das Produkt CATIA des Softwareherstellers Dassault-Systèmes genutzt. Zur Konvertierung der CAD-Modelle in VRML-Modelle existieren verschiedene Verfahren, die sich bezüglich der erforderlichen Zusatzsoftware und des Vorgehens beim Export unterscheiden. Angewandt wurde die Methode des indirekten Exports der Daten über die Anwendung "4D Navigator", die sich durch die unkomplizierte und einfache Vorgehensweise auszeichnet. Bei dem 4D Navigator handelt es sich um eine zur Systemfamilie CATIAs gehörende Applikation, die über eine Schnittstelle zum Exportieren von CAD-Modellen in mehreren Formaten verfügt, unter anderem in VRML-Dateien. Nachfolgend wird die in Bild 6-4 aufgezeigte Prozesskette zur Konvertierung eines CATIA-Modells in ein VRML-Modell über den 4D Navigator, bis zu dessen Darstellung in einem WWW-Browser dargelegt.

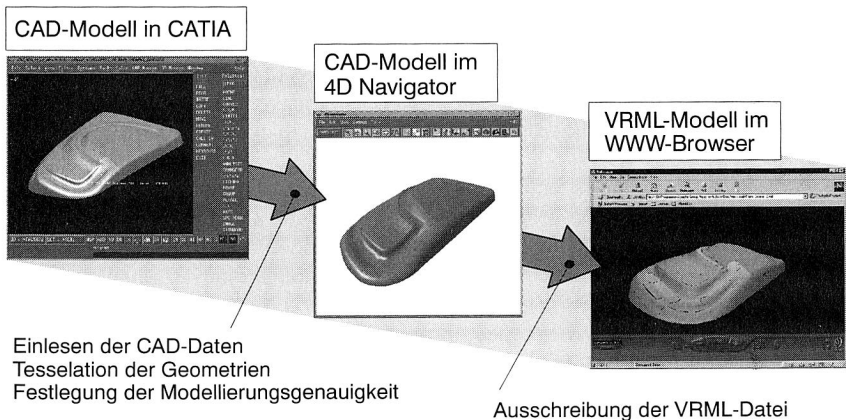


Bild 6-4: Prozesskette vom CAD- zum VRML-Modell im WWW-Browser

Im ersten Prozessschritt werden die CATIA-Modelle in die Zusatzanwendung eingelesen, wobei eine erste Konvertierung der Geometrien stattfindet, da die Oberflächen im 4D Navigator aus einzelnen Dreiecksflächen zusammengesetzt werden. Dieses als Tesselation bezeichnete Verfahren ist für die Genauigkeit der VRML-Modelle von ent-

scheidender Bedeutung, da durch die Vorgabe der Sehnengenaugigkeit die Anzahl der generierten Dreiecke pro Flächeneinheit und damit die Dateigröße beeinflusst wird. Bei der Prozessvisualisierung ist ein geeigneter Kompromiss zwischen der Detailtreue der Modelle und der dazu proportionalen Übertragungszeit zu finden. Anschließend wird im zweiten Schritt direkt aus dem 4D Navigator eine VRML-Datei exportiert.

Für einen industriellen Einsatz ist der hier beschriebene Ansatz zur Generierung der VRML-Objekte weiter zu automatisieren. Modelle der Maschinen und Werkzeuge können dabei direkt vom Hersteller als entsprechende VRML-Datensätze bereitgestellt werden. Die Konvertierung der Werkstückmodelle aus den CAD-Systemen kann softwaretechnisch über einen geeigneten Preprozessor gelöst werden.

6.2.3 Softwaretechnische Realisierung des Moduls

Die Implementierung der Prozessvisualisierung ProVisual wurde exemplarisch anhand des Prozesses einer Oberflächenfräsmaschine der Firma Heyligenstaedt realisiert, die über eine PC-basierte Steuerung von FIDIA verfügt. Die folgenden Ausführungen beziehen sich demzufolge in erster Linie auf diese Systemumgebung. Die Lösung ist aber auch auf andere Produktionssysteme übertragbar, unter der Voraussetzung, dass die notwendigen Daten ausgelesen werden können.

Der Programmstart wird durch Anwahl des die Maschine repräsentierenden Hyperlinks vorgenommen. Es wird ein separates Fenster des WWW-Browsers geöffnet, in dem sich dem Anwender die in Bild 6-5 dargestellte, beispielhafte Szene präsentiert. Im oberen Teil des Fensters befindet sich das sogenannte Prozessvisualisierungsapplet, welches die internetbasierte Abfrage, Bereitstellung und textuelle Anzeige der Werkzeugachspeditionen sowie die Verfahrbewegungen des graphischen Werkzeugmodells übernimmt. Im unteren Teil ist der im WWW-Browser integrierte VRML-Browser dargestellt, in dessen Welt die Werkzeug- und Werkstückmodelle positioniert sind.

Auf die Funktionen der in Bild 6-5 dargestellten Komponenten der Prozessvisualisierung sowie deren Verbindung zum Telediagnosesystem wird im folgenden eingegangen. Dabei sollen insbesondere das softwaretechnische Zusammenspiel und der Informationsfluss aufgezeigt werden.

Beim Aufruf der HTML-Seite werden sowohl das Prozessvisualisierungsapplet als auch die VRML-Datei in den Browser geladen, wobei automatisch das VRML-Zusatzmodul angefordert und gestartet wird. Eingesetzt wird die Software CosmoPlayer von CosmoSoftware in der Version 2.1.1 [82], die für den Netscape Communicator und den Microsoft Internet Explorer ein geeignetes Plug-In zur browserinternen Interpretation und Visualisierung der VRML-Dateien bereitstellt.

Zwischen dem Prozessvisualisierungsapplet und der Maschinensteuerung muss eine datentechnische Koppelung zum Austausch der aktuellen Werkzeugachspeditionen über das Internet aufgebaut werden. Für die Verbindung vom Applet zur Zustandsdatenbank der Maschine kommt das Datenbank-Gateway zur Anwendung. Die Bereit-

stellung der aktuellen Werkzeugachspositionen in der Zustandsdatenbank übernimmt die in Kapitel 5.5.3 beschriebene Maschinenschnittstelle FIDIAInterface.

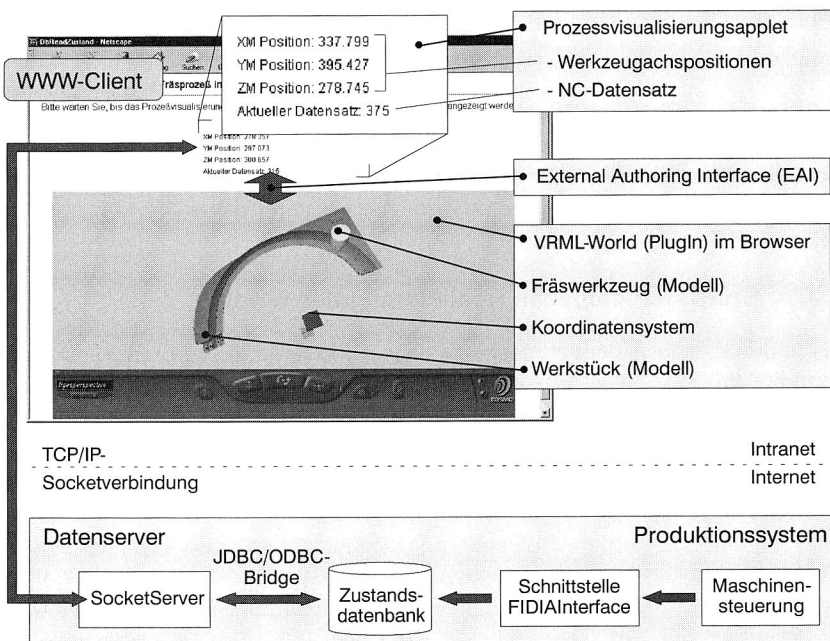


Bild 6-5: Komponenten der virtuellen Prozessvisualisierung und interne Mechanismen zum Datenaustausch

Aus dem Prozessvisualisierungsapplet heraus wird mit den aktuellen Daten die dynamische Aktualisierung der Werkzeugpositionen in der VRML-Welt durchgeführt. Die notwendige Schnittstelle stellt das External Authoring Interface (EAI) von VRML 97 bereit, welches Java-Klassen beinhaltet, die es erlauben von einem Applet aus, auf Elemente der VRML-Welt zuzugreifen (siehe auch Kapitel 3.4.1).

Mit dem Laden des Prozessvisualisierungsapplets in den WWW-Browser werden einige Schritte durchlaufen, die in Form von Methoden der Appletklasse programmiert sind. Bei der Konstruktion und Initialisierung werden die vorbereitenden Funktionen des Verbindungsaufbaus zur Datenbank und deren Öffnung über das Gateway ausgeführt. Weiterhin wird eine Koppelung zwischen Applet und VRML über das EAI etabliert und somit die Voraussetzungen geschaffen, um Referenzen auf den VRML-Browser und die in der VRML-Welt enthaltenen Objekte zu erhalten. Somit können die Manipulationen zur zyklischen Setzung der Werkzeugpositionen durchgeführt werden. Hierzu werden nach einem definierten Aktualisierungsintervall die Werkzeugpositionen über den SocketServer aus der Datenbank angefordert und die Koordinaten des Werkzeugmodells in der VRML-Welt auf Basis der erhaltenen Werte dynamisch gesetzt.

6.3 Eingeschränkte Fernsteuerung eines Produktionssystems durch den Zugriff auf die Maschinensteuerung

Mit dem Programm zur Fernsteuerung soll dem Anwender der vollständige Zugriff auf die Bedienoberfläche der entfernten Maschinensteuerung, und somit deren standort-unabhängige Nutzung mit einem konventionellen WWW-Browser ermöglicht werden. Diese Funktionalität eröffnet dem Benutzer ein sehr weitreichendes Einsatzspektrum. Es können aktuelle Maschinenparameter sowie NC-Programme eingesehen und gegebenenfalls notwendige Änderungen direkt vorgenommen werden. Weiterhin kann der Anwender Bearbeitungsprogramme bei Problemen sofort anhalten, bevor größere Schäden an den Werkstücken und Maschinenkomponenten auftreten. Zudem ist, durch den Zugriff auf die Bedienoberfläche, ein sehr detaillierter und umfassender Einblick in die aktuellen Maschinen- und Prozessdaten sowie die Fehlermeldungen gegeben, so dass diese Funktionalität ausgesprochen wichtig für die Diagnose und Fehlerbehebung ist. Die prinzipielle Funktionsweise von Fernsteuerungslösungen wurde bereits in Kapitel 2.6.1, als ein grundlegendes Konzept zur Telediagnose vorgestellt. Allerdings nicht, wie in dieser Arbeit vorgesehen, unter Verwendung eines WWW-Browsers, sondern mit einem eigenständigen Windows-Programm auf der Client-Seite.

Für das Aufgabengebiet der Fernsteuerung sind mehrere kommerzielle und frei verfügbare Programmpakete vorhanden, die einen Fernzugriff durch die Verbindung zweier Rechner über Modems und Netzwerke bieten. Grundsätzlich wäre als Alternative zu diesen Softwarepaketen auch eine appletbasierte Nachbildung der Steuerungssoftware im Telediagnosesystem denkbar, wie es in [10] erfolgt ist. Dies würde allerdings einen immensen Aufwand bedeuten und darüber hinaus eine Sonderlösung für einen Steuerungstypen darstellen, ohne die Möglichkeit einer einfachen Adaption auf ein anderes System.

Anforderungsanalyse und systematische Auswahl der Fernsteuerungssoftware

Aufgrund von Randbedingungen aus dem Konzept des Telediagnosesystems, sowie aus informationstechnischer Sicht, besitzen nachfolgende Aspekte eine entscheidende Bedeutung bei der Realisierung des Werkzeuges zur Fernsteuerung.

Das einzusetzende Programmpaket muss vollständig internetfähig sein. Dies bedeutet, dass auf der Grundlage des Protokolls TCP/IP sowie unter Nutzung allgemein verfügbarer Applikationen, wie WWW-Browsern, die geforderten Funktionalitäten bereitzustellen sind. Im engen Zusammenhang dazu ist die Plattformunabhängigkeit zu sehen. Damit soll gewährleistet werden, dass das Fernsteuerungsmodul auf den gängigen Rechner- und Betriebssystemplattformen ausführbar ist. Insbesondere soll auf Client-Seite keine Installation zusätzlicher Softwaremodule notwendig sein, um den Anspruch, der Nutzung des Telediagnosesystems von jedem internetfähigen Rechner aus, gerecht zu werden.

Der sicherheitsbezogene Lösungsansatz des Produktes muss einen unbefugten Zugriff vermeiden, durch die technische Maßnahme einer Benutzererkennung und durch

organisatorische Vorkehrungen, die eine Aktivierung des Serverdienstes nur im Bedarfsfall durch den Bediener vor Ort vorsehen.

Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen wurden die kommerziellen Programme ReachOut 7.0 des Unternehmens Stac [85], Carbon Copy 3.0 von Compaq [81] und PC Anywhere32 7.5 von Symantec [86] sowie die frei verfügbare Lösung VNC 3.3.3r2 (Virtual Network Computing) von AT&T Laboratories Cambridge [87] analysiert.

Nur die Produkte ReachOut und VNC bieten in ihren aktuellen Versionen eine Internetunterstützung an, so dass nur diese weiter in Betracht gezogen wurden. In der Tabelle 6-1 sind die wesentlichen Eigenschaften der beiden Softwarepakete zusammengefasst. Beide Systeme lassen sich problemlos in das Telediagnosesystem integrieren und bieten ausreichende Sicherheitsmechanismen an. Die Performance des Produktes ReachOut ist besser als die von VNC, allerdings ist diese in beiden Fällen ausreichend für die gegebene Problemstellung. Ein deutlicher Vorteil VNCs gegenüber ReachOut ist die einfachere und schnellere Installation.

	ReachOut	VNC
Rechnerplattform	Personal Computer	Server: PC, Workstation Client: Beliebig
Betriebssystem	MS DOS, Win3.11/95/98, WinNT 4.0	Server: Unix, Windows Client: Beliebig
Nutzung mit WWW-Browser	Installation eines Plug-Ins bzw. ActiveX-Controls erforderlich	Keine Client-Installation Java-Applet
Integration ins Telediagnosesystem	Problemlos	Problemlos
Kommunikation	Modem, TCP/IP-Netzwerk u.a.	TCP/IP-Netzwerk
Performance	Gut	Durchschnittlich
Sicherheit	Sehr hoch, Koppelung an WinNT-Benutzerverwaltung, Autom. Rückruf	Hoch, Eigene Benutzerverwaltung
Support	Kommerzielle Unterstützung	Kein kommerzieller Support
Kosten	Ca. 150 DM pro Maschine	Keine

Tabelle 6-1: Bewertung der Softwarepakete ReachOut und VNC

Der ausschlaggebende Unterschied beider Systeme resultiert in erster Linie aus dem angestrebten Einsatzbereich. Unter dem Aspekt der Anwendung auf diversen Plattformen, ist das kommerzielle Produkt ReachOut nicht geeignet, da sowohl der Server als auch der Client speziell für PCs mit den Betriebssystemen Windows 3.11/95/NT und MS DOS konzipiert sind. Auch bei der webbasierten Lösung bedient sich ReachOut auf Client-Seite, zur Darstellung der Bildschirminformationen im Browser, einer Plug-In-Komponente für den Netscape Communicator bzw. eines ActiveX-Controls für den Microsoft Internet Explorer. Somit ist bei der Web-Lösung ebenfalls eine plattformbe-

dingte Einschränkung gegeben, denn diese Zusatzkomponenten werden von Stac derzeit ausschließlich für PCs mit Windows-Betriebssystemen angeboten.

Das Produkt VNC hingegen ist aufgrund seiner Implementierung und der Bereitstellung des Quellcodes auf nahezu allen Rechnerplattformen einsetzbar. Server-Applikationen sind für die beiden wesentlichen Betriebssysteme Unix und Windows frei verfügbar, wohingegen Clients für alle gängigen Betriebssysteme kostenfrei vorhanden sind. Weiterhin ist die clientseitige Komponente von VNC auch in einer Realisierung als Java-Applet vorhanden, das mit einem WWW-Browser auf fast allen Systemen ausführbar ist und somit die Plattformunabhängigkeit realisiert. Die maßgeblichen Anforderungen an eine Fernbetreuungssoftware werden von dem kostenfreien Paket VNC erfüllt, so dass dieses zur Realisierung der entsprechenden Lösung im Telediagnosesystem genutzt wurde.

Funktionsweise und Einsatz der realisierten Lösung

Die grundsätzlichen Funktionen, des mit dem Softwarepaket VNC realisierten Fernsteuerungsprogrammes, sind die Übertragung der graphischen Ausgabe der Bedienoberfläche des Steuerungsrechners der Maschine an den Clientrechner, sowie in der Gegenrichtung, die Verarbeitung der Interaktionen des Benutzers am entfernten Clientrechner und deren Weitergabe an den Steuerungsrechner.

Zur Realisierung dieser Funktionalität bedient sich die Software VNC einer Client-Server-Struktur. Der VNC-Server, der auf dem Steuerungsrechner läuft, liest die graphische Anzeige der Benutzeroberfläche der Steuerung ein und stellt sie für den Client über eine Netzwerkverbindung bereit. Weiterhin empfängt der Server Benutzerinteraktionen von der Client-Seite, wandelt diese in lokale Befehle um und leitet sie an das Betriebssystem zur Ausführung weiter. Somit können Maus- und Tastaturaktionen des Clientrechners auf dem Server abgebildet werden, woraus die Fernbedienbarkeit der Steuerungssoftware resultiert. Zum Datenaustausch ist in den VNC-Server ein WWW-Server integriert, der über einen dedizierten Port und das HTTP-Protokoll mit dem Client kommuniziert. [87][112]

Die im Telediagnosesystem verwendete Client-Applikation von VNC ist als Java-Applet realisiert und kann mit jedem javafähigen Browser gestartet werden. Bei dem Aufruf der Client-Komponente durch den Anwender wird eine Verbindung über einen dedizierten Kommunikationsport zwischen dem Applet im Browser und dem WWW-Server im VNC-Server aufgebaut. Das Java-Programm empfängt die graphische Ausgabe der Benutzeroberfläche der Steuerung und übernimmt deren Darstellung auf dem entfernten Rechner. Darüber hinaus werden von dem Applet die Benutzerinteraktionen registriert und an den VNC-Server zur Verarbeitung weitergeleitet.

Der Aufruf des Fernsteuerungsprogrammes geschieht durch die Anwahl des Hyperlinks für die gewünschte Zielmaschine in der HTML-Struktur des Telediagnosesystems. Nach der korrekten Authentifizierung des Benutzers wird die Bedienoberfläche der Steuerung in einem eigenständigen Fenster des WWW-Browsers angezeigt.

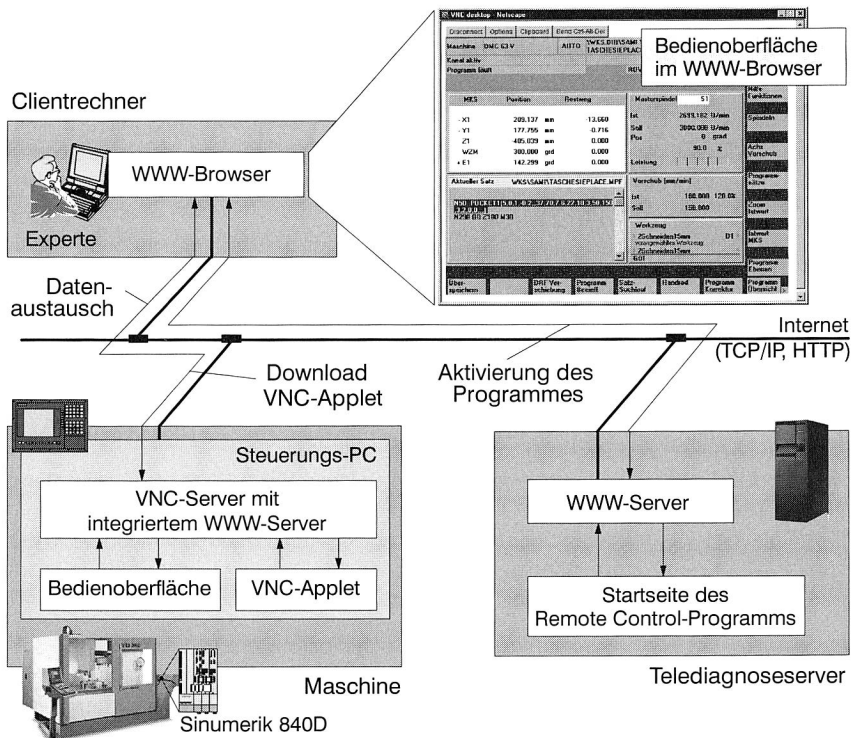


Bild 6-6: Kommunikationsprinzip der Software VNC und Benutzeroberfläche einer Steuerung Sinumerik 840D im entfernten WWW-Browser

Dem entfernten Benutzer wird somit die komplette Bedieneroberfläche der Steuerung im Browser verfügbar gemacht. Insbesondere steht die gesamte aus der Oberfläche erreichbare Funktionalität der Steuerung für Diagnosezwecke zur Verfügung. In Abhängigkeit der jeweiligen Steuerung sind Aktionen durchführbar, wie die Änderung von NC-Programmen, der Zugriff auf die Maschinenparameter und auf die interne Sensorik sowie die Nutzung lokal vorhandener Diagnosewerkzeuge.

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist nur eine eingeschränkte Fernsteuerung der Maschine realisiert. Der Start von Programmen ist nicht über die Fernsteuerungssoftware möglich, da diese Aktion bei allen Steuerungen mittels einer Taste auf einem separaten Bedienpanel ausgeführt wird. Softwaretechnisch könnte diese Funktion allerdings problemlos integriert werden.

Eingesetzt und getestet wurde die Fernsteuerungslösung in Verbindung mit mehreren Werkzeugmaschinen, die mit Steuerungen vom Typ Sinumerik 840D der Firma Siemens sowie mit Produkten des Unternehmens FIDIA ausgestattet sind.

6.4 Multimediales Kommunikationsmodul zur kooperativen Problemlösung zwischen Maschinenbediener und Experten

6.4.1 Struktur des Moduls zum bidirektionalen Informationsaustausch

Die Gestaltung und Auslegung der Mensch-Mensch-Schnittstelle gewinnt bei der Telediagnose eine neue Bedeutung, bedingt durch die virtuelle Sicht des Experten und die reale des Maschinenbedieners auf die Anlage (Bild 6-7).

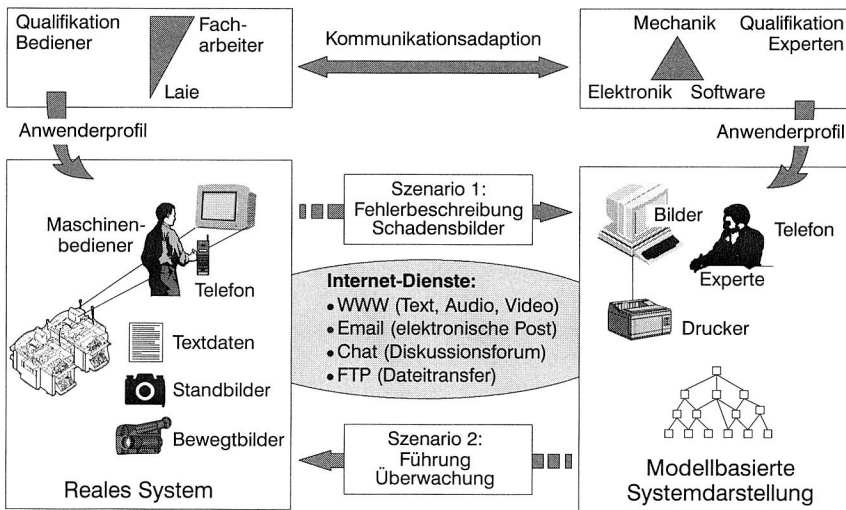


Bild 6-7: Aufgaben und Dienste der multimedialen Kommunikation zwischen dem Maschinenbediener und dem Experten bei der Telediagnose

Komplexe Fehlersituationen, Umgebungseinflüsse oder spezifische Prozessinformationen können durch Maschinendaten oder telefonische Erläuterungen nicht oder nur unzureichend beschrieben werden. Zur Fehlerdiagnose und -behebung an Produktionssystemen ist deshalb ein umfassender, multimedialer Informationsaustausch zwischen Bediener und Experten von ausgesprochen hoher Bedeutung. Beispielsweise um Schadensbilder von Maschinenkomponenten zu übermitteln, und so eine Eingrenzung der Fehlerursache oder die Identifizierung eines notwendigen Ersatzteils zu ermöglichen. Erreicht werden kann dies durch den Einsatz einer fest installierten oder mobilen Videokamera am Produktionssystem, zur Übertragung von Stand- und Bewegtbildern. In entgegengesetzter Richtung werden vom Experten Anweisungen an den Bediener zur Durchführung von Aktionen übermittelt. Auch hier kann durch die Bildübertragung die korrekte Fehlerbehebung gesichert werden, da dem Experten

Kontrollmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Beide vorgestellte Szenarien zeigen die derzeit entscheidenden Probleme, die im Rahmen der Fernbetreuung in der Serviceabteilung eines Herstellers von Bestückautomaten auftreten. [27]

Zudem kann die Qualifikation der beteiligten Partner stark differieren. Auf Seiten des Bedieners kann ein Laie oder Facharbeiter tätig sein, während im Service, aufgrund des mechatronischen Aufbaus von komplexeren Maschinen, vielfach Spezialisten der entsprechenden Fachgebiete Mechanik, Elektronik und Software bei der Fehlerdiagnose tätig sind. Die Unterstützung des Informationsaustausches durch geeignetes Bildmaterial trägt hier entscheidend zu Vermeidung von Missverständnissen bei.

Das Telediagnosesystem muss deshalb um weitreichende Möglichkeiten zum multimedialen Informationsaustausch zwischen Maschinenbedienern und Experten erweitert werden, um so eine teamorientierte Problemlösung zu erreichen. Entwickelt wurde ein Kommunikationswerkzeug, das die Übertragung von Text-, Bild- und Videodaten über das Internet zwischen mehreren, kooperativ arbeitenden Anwendern realisiert.

Als allgemeine Anforderungen an das Modul sind die Randbedingungen des Telediagnosesystems gegeben. Diese bedingen eine netzwerkfähige und plattformunabhängige Lösung, mit einer programmtechnischen Codierung in der Sprache Java, um somit den bedarfsgesteuerten Aufruf, die Interpretation und Visualisierung des Programmes mit einem javafähigen WWW-Browser zu ermöglichen.

Spezielle Anforderungen beziehen sich auf das Anwendungsszenario des Kommunikationsprogrammes. Aufgrund der Komplexität moderner Produktionssysteme (z.B. Bestückautomaten), muss zur Stellung sicherer Diagnosen aus der Ferne in verstärktem Maße auf das Wissen verschiedener Experten des Herstellers und der Komponentenzulieferer zurückgegriffen werden. Bedingt durch diese Situation und die räumlich stark differierenden Tätigkeitsorte der beteiligten Personen, ist ein multiuserfähiges Programm zu realisieren. Mit Synchronisationsmechanismen ist zudem die gleichzeitige Änderung der Informationen an allen angebundenen Rechnern zu gewährleisten.

Der konzeptionelle Ansatz des Programmes (Bild 6-8) setzt auf einer Client-Server-Architektur auf, bei der mehrere Clients (JWBClients) gleichzeitig über einen Server (JWBServer) miteinander kommunizieren können. Der Aufgabenbereich des Servers erstreckt sich auf die Verwaltung und Koordination der angeschlossenen Rechner sowie auf die Verteilung der Informationen zwischen diesen. Ein Client stellt die Anwenderschnittstelle zum Benutzer dar, und dient diesem als graphisches Werkzeug zum Senden und Empfangen von Informationen.

Für eine Kommunikationssitzung sind alle beteiligten Rechner über das Internet zu einem gemeinsamen, virtuellen Netzwerk zusammengeschlossen und werden über ihre IP-Adressen identifiziert und angesprochen. Die Datenübertragung wird über das TCP/IP-Protokoll und den Kommunikationsmechanismus der Sockets abgewickelt.

Funktional betrachtet, bietet das Programm drei grundlegende Komponenten zum kooperativen Arbeiten an. Über das Chat-Modul wird der bidirektionale Austausch von Texten zwischen den Clients realisiert. Zur eindeutigen Zuordnung der Texte zum jeweiligen Sender wird der entsprechende Teilnehmername der Mitteilung vorangestellt.

Mit der Whiteboard-Komponente können die Diskussionsteilnehmer an gemeinsamen Bildern, z.B. CAD-Zeichnungen oder Schaltplänen arbeiten. Beispielsweise kann ein Teilnehmer mit einem einfachen graphischen Objekt, wie einem Rechteck, interessante Punkte in einem Bild markieren, während die anderen Teilnehmer dessen Aktionen synchron auf ihren Clients mitverfolgen können. Als Markierungssymbole werden Linien und Rechtecke angeboten, die zudem über Funktionen zum Bewegen und Löschen durch den Benutzer beeinflussbar sind. Die Zuordnung der Symbole zu den einzelnen Teilnehmern wird durch die automatische Zuweisung einer Farbe an den Client geregelt. Die Abspeicherung der relevanten Zeichnungen für einen Maschinentyp erfolgt zentral auf dem Telediagnoseserver, von dem sie ein Anwender laden und an die Diskussionspartner versenden kann.

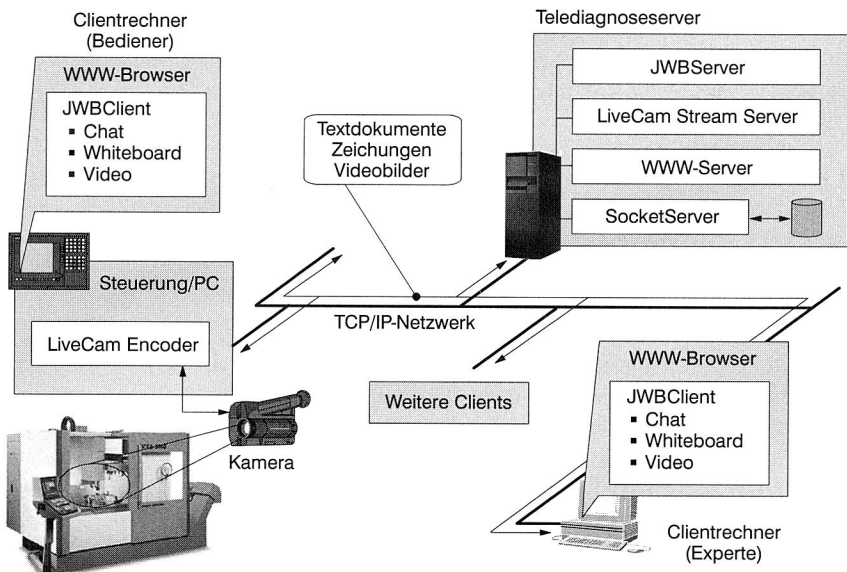


Bild 6-8: Konzeptionelle Client-Server-Struktur des Kommunikationsprogrammes

Der Informationsaustausch wird weiterhin durch eine integrierte Videolösung unterstützt, zur Übertragung bewegter Bilder von der Zielmaschine zu den Clientrechnern. Diese, die Realität am besten widerspiegelnde Form der Visualisierung, ist die passende Ergänzung zur Zustands- und Prozessvisualisierung. Aufgebaut wurde ein unidirektionaler Datentransfer, der die beiden gegebenen Anwendungsfelder, die Unterstützung der Fehlerdiagnose und die Kontrolle der Fehlerbehebung, vollkommen abdeckt. Eine Bildübertragung in der Gegenrichtung würde keinen zusätzlichen Informationsgewinn erzielen, da insbesondere alle notwendigen Zeichnungen per Whiteboard-Modul nutzbar sind und die Fehlerbehebungsmaßnahmen mit multimedialer Unterstützung webbasiert bereitgestellt werden.

Auf dem Markt sind verschiedene kommerzielle Lösungen zur Bewegtbildübertragung verfügbar, die sich vornehmlich bezüglich des technischen Verfahrens zur Aufnahme, Verarbeitung, Übertragung und Darstellung der Informationen unterscheiden. Auf Basis einer Analyse vorhandener Systeme, insbesondere in Hinblick auf Plattform- und Standortunabhängigkeit, wurde die internetbasierte Videolösung LiveCam Stream Server Version 2.0 der media[netCom] AG [98] für den Einsatz im Telediagnosesystem ausgewählt. Die Besonderheit dieses Produktes ist eine in Java implementierte Push-Technologie, die anders als bei einer WebCam, welche Bilder nur in gewissen Zeitabständen überträgt, Videodaten kontinuierlich an ein Applet zur visuellen Darstellung versendet. Der entscheidende Vorteil ist die Verwirklichung einer relativ hohen Bildübertragungsrate über das paketorientierte Internetprotokoll. Ablauftechnisch betrachtet nimmt das LiveCam-Paket über eine Kamera Bilder auf, verarbeitet diese hardwaremäßig mit einer Videokarte und überträgt sie socketorientiert über einen sogenannten Encoder zu dem LiveCamServer. Dieser läuft auf dem Telediagnoseserver und übernimmt die Einspeisung der Daten per Push-Technologie ins Netz, von wo aus sie über ein Applet auf Client-Seite abgerufen und angezeigt werden.

6.4.2 Implementierung und Nutzung des Kommunikationsmoduls

Zur Implementierung des Programmes zur Anwenderkommunikation in der Sprache Java der Version 1.1.6 sind mehrere Klassen entworfen worden, die sich prinzipiell in die kommunikationsorientierten Klassen des Servers und der Clients sowie in die graphikorientierten Klassen zur Generierung der Benutzeroberfläche einteilen lassen.

Der kommunikationstechnische Arbeitsablauf ist wie folgt gestaltet: Beim Aufruf eines Clients etabliert dieser zunächst eine Verbindung zum Server und sendet seine ihn beschreibenden Informationen. Diese werden serverseitig in einer Liste mit allen registrierten Clients verwaltet. Nach dem Verbindungsaufbau kann die Kommunikation zwischen den Partnern erfolgen. Anhand der Verwaltungsliste verteilt der Server dabei die von einem Client durch eine Anwenderaktion enthaltenen Objekte an die beteiligten Clients. Zur gleichzeitigen Kommunikation des Servers mit mehreren Clients wird das in Java vorhandene Multithreading-Konzept zur Implementierung eingesetzt. Mit diesem Konzept können innerhalb eines Programmes mehrere Aufgaben quasi parallel in verschiedenen Threads ("Programmefäden") abgearbeitet werden. Beim Verbindungsaufbau wird deshalb vom Server für jeden Client ein eigener Thread erzeugt, über den der angebundene Client bedient wird.

Die datenbankbasierten Transaktionen im Programm, zur Benutzerauthentifikation und -autorisierung sowie zur Zeichnungsübertragung, werden über das Datenbank-Gateway und die JDBC-Schnittstelle des Telediagnosesystems abgewickelt.

Mit dem dargelegten Kommunikationsprinzip kann der Austausch multimedialer Daten zwischen verschiedenen Anwendern abgewickelt werden. Zur problemlosen Interaktion des Benutzers wurde eine graphische Anwenderschnittstelle für die Clients als Java-Applikation entwickelt. Deren Aufruf wird standortunabhängig mit einem WWW-

Browser vorgenommen, wobei die Voraussetzung ein entsprechendes Login ist. Die Benutzeroberfläche (Bild 6-9) wird vornehmlich durch den Whiteboard-Bereich mit der dazugehörigen Toolbar, dem Chatfeld und einem Informationsfeld mit Angaben über die beteiligten Diskussionspartner gebildet. Zusätzlich kann menügesteuert eine HTML-Seite mit einem eingebetteten Java-Applet zur Anzeige des Videobildes der entfernten Maschine geöffnet werden.

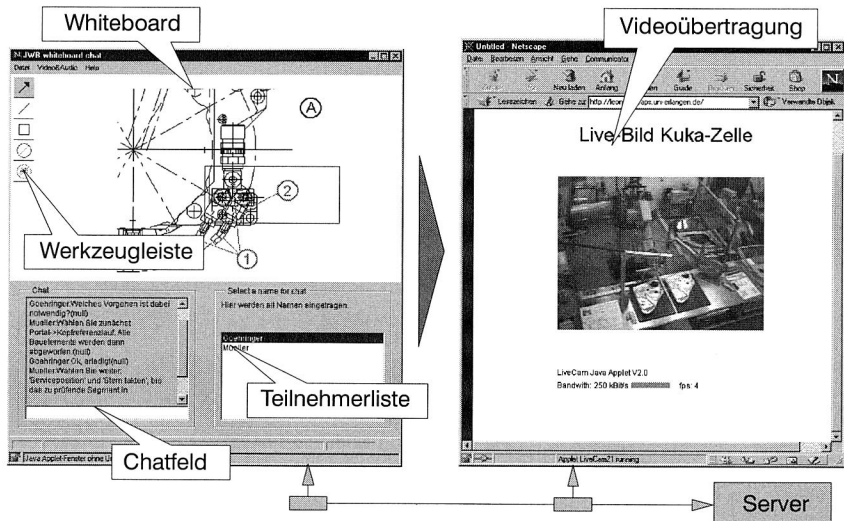


Bild 6-9: Graphische Anwenderschnittstelle eines Java-Clients

6.5 Modul zur automatischen Benachrichtigung des Personals

6.5.1 Konzeptioneller Entwurf des Nachrichtenversandes

Ein zentraler Aspekt der Teliendiagnose ist die unverzügliche und vom Aufenthaltsort unabhängige Benachrichtigung der verantwortlichen Personen. Beim Auftreten einer Störung an einem Produktionssystem wird so der Anstoß zur Einleitung einer zielgerichteten Diagnose sichergestellt. Prinzipiell sind zwei Einsatzszenarien gegeben. In einer hoch automatisierten Fertigung oder in mannlosen Schichten ist das Bedienpersonal nicht notwendigerweise vor Ort verfügbar, so dass konventionelle Methoden der Störungsanzeige an der Maschine nicht einsetzbar sind. Der zu informierende Personenkreis umfasst in diesem Fall die zuständigen Bediener oder die Mitarbeiter der Leitebene. Bei der Betreuung von Systemen durch den Hersteller sind unternehmensübergreifend die Experten in der Servicezentrale zu informieren. Für beide Szenarien müssen geeignete Methoden zur flexiblen Benachrichtigung über beliebige Entfernungen gefunden werden, unter Nutzung der modernen Kommunikationstechnologie.

Aus der vorliegenden Problemstellung ergeben sich mehrere signifikante Anforderungen an die Benachrichtigungskomponente, neben dem generellen Anspruch nach der Verwendung standardisierter Internettechnologien. Die Auslösung des Alarms muss in Abhängigkeit des Zustandes des Produktionssystems automatisch erfolgen sowie die programmgesteuerte Erzeugung und Versendung von Nachrichten, mit den grundlegenden Informationen über die Störung, anstoßen. Als Kommunikationsträger sind dem Nachrichtenmechanismus angepasste Netzwerke zu wählen, wobei zur Anbindung an das Benachrichtigungsprogramm ein Übergang zum Internet verfügbar sein muss.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen stehen unterschiedliche Lösungen zur Verfügung, die sich in bezug auf den Grad der Unabhängigkeit, dem realisierbaren Funktionsumfang, der Kommunikationstechnik sowie der erlaubten Nachrichtenlänge voneinander unterscheiden. In Anbetracht der gegebenen Internetorientierung sind die beiden Möglichkeiten Email und Short Message Service (SMS) als Benachrichtigungsdienste ausgewählt und umgesetzt worden.

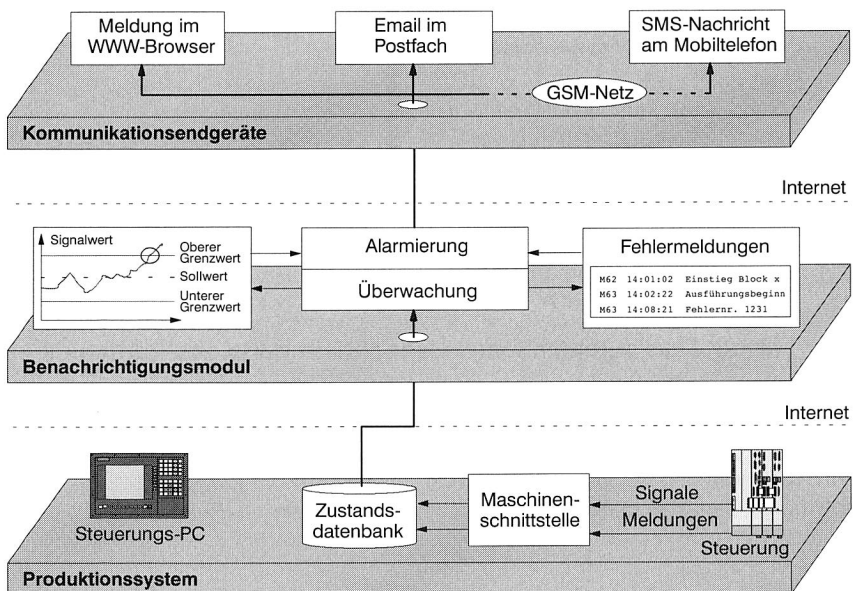


Bild 6-10: Grundlegendes Funktionskonzept der Benachrichtigungskomponente

Bei SMS handelt es sich um einen Service zur Versendung und zum Empfang von Kurznachrichten über Mobilfunktelefone. Die Weiterentwicklung dieser Kommunikationstechnologie sowie die steigende Popularität des Internets und seines Email-Dienstes führten dazu, dass der Austausch von Informationen zwischen diesen Medien möglich wurde. Zur Realisierung des Datenübergangs stellen die Mobilfunkbetreiber

Serverrechner zur Verfügung, welche die Weiterleitung der Informationen vom Internet ins Mobilfunknetz und umgekehrt sowie die Konvertierung in die verschiedenen Protokolle übernehmen. Zur Sendung einer Email-Nachricht an ein Mobilfunktelefon wird ein entsprechend konfigurierter elektronischer Briefkasten beim Netzbetreiber genutzt, über den die Weiterleitung als SMS-Meldung vollzogen wird.

Der Ausgangspunkt einer Benachrichtigung ist die zyklische Abfrage von Daten aus dem Produktionssystem, wodurch Störungen erkannt und automatisch der vorgesehene Mechanismus zur Versendung von Email- und SMS-Nachrichten angestoßen wird. Systemintern reagiert wird auf die Fehlermeldungen der Maschine und auf die Über- oder Unterschreitung vordefinierter Toleranzgrenzen für beliebig parametrierbare Maschinensignale. (Bild 6-10)

Nach der Aktivierung des Benachrichtigungsmechanismus muss die Nachricht mit den notwendigen Informationen automatisch generiert und an die vorgesehenen Zielpersonen versandt werden. Inhaltlich erfolgt eine Beschränkung auf die wesentlichen Angaben, bezüglich der eindeutigen Kennung der Maschine sowie der Bezeichnung und des Zeitpunktes der aufgetretenen Störung, da bei SMS-Mitteilungen eine Beschränkung auf üblicherweise 160 Zeichen gegeben ist.

6.5.2 Programmtechnische Umsetzung des Moduls

Implementiert wurde die Benachrichtigungskomponente in der objektorientierten Sprache Java (Version 1.1.6), um die Konsistenz und den Informationsaustausch zwischen den Applikationen des Telediagnosesystems zu gewährleisten. Genutzt wurde zudem die Email-Funktionalität des Internets sowie der Dienst des Mobilfunkbetreibers Deutsche Telekom T-D1, zur automatischen Weiterleitung von Emails an Mobilfunktelefone in Form von SMS-Kurzmitteilungen.

Das Programm, mit der Hinterlegung der wesentlichen Funktionalität, wird gebildet von dem Java-Applet "Messaging", dessen Aufruf mit einem WWW-Browser erfolgt. Das Hauptfenster dient zur Anzeige der maschinenbezogenen Informationen sowie zur Initialisierung des Überwachungs- und Alarmierungsmechanismus. Daraufhin werden in einem weiteren Dialog die parametrisierten Maschinensignale mit den Grenzwerten, den Sollwerten und den aktuellen Daten angezeigt. Wird bei dem programmgesteuerten, permanenten Vergleich der Werte eine Verletzung der Toleranzgrenzen festgestellt oder von der Steuerung ein Fehler gemeldet, so wird der Alarmierungsmechanismus angestoßen.

Programmtechnisch betrachtet wird von dem Applet "Messaging" zunächst über das Datenbank-Gateway eine Internetverbindung zur Zustandsdatenbank der Maschine etabliert, zur zyklischen Abfrage der Istwerte der konfigurierten Signale und der möglichen Fehlermeldungen mittels SQL-Statements. Über einen technisch identisch strukturierten Datenkanal werden die Grenz- und Sollwerte der Signale, aus der in der Diagnosedatenbank auf dem Telediagnoseserver hinterlegten Modellbeschreibung der Maschine geladen. Das Auftreten einer Grenzwertverletzung oder eines Fehlers aktiviert die Benachrichtigung.

Als Benachrichtigungsarten wurden drei verschiedene Formen umgesetzt, die die unterschiedlichen Anforderungen der Anwender abdecken. Einerseits erfolgt die Ausgabe der Störungsmeldung direkt im WWW-Browser in Form eines Meldefensters, andererseits werden automatisch eine Email- und eine SMS-Nachricht an das konfigurierte Internet-Postfach bzw. an die angegebene Mobilfunknummer versandt.

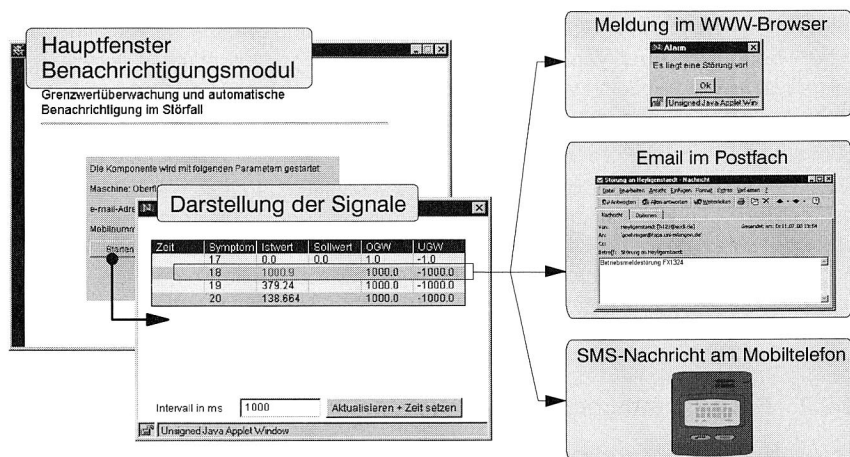


Bild 6-11: Realisierung und Einsatz des Benachrichtigungsmoduls

Das Versenden von Email-Nachrichten wird auf Basis des Send Message Transfer Protocols (SMTP) abgewickelt. Dieses zur TCP/IP-Protokollfamilie gehörende Protokoll, arbeitet auf der Grundlage der Client-Server-Architektur und des Socketmechanismus. Zum Versenden einer Email wird zunächst eine Verbindung zwischen Applet und Mailserver etabliert. Anschließend wird die Nachricht im benötigten Format aufgebaut, bestehend aus dem Körper, mit dem zu übermittelndem Text sowie dem Rumpf, mit der Angabe der Mailadresse und -überschrift. Die Übertragung erfolgt anschließend mit dem SMTP-Protokoll als Datenstrom und wird durch das Schließen der Verbindung zum Mailserver beendet.

Das Verschicken der SMS-Nachrichten folgt dem gleichen Prinzip, wobei als Zieladresse für die Email lediglich das beim Mobilfunkbetreiber eingerichtete Postfach benutzt wird. Über dessen Server wird die Konvertierung und die Weiterleitung an das Mobilfunktelefon per SMS vorgenommen.

Der Versand einer Email ist mit dem Aufbau einer Socketverbindung zu einem Mailserver verbunden. Allerdings sind in der Praxis im allgemeinen Firewallsysteme vor die Unternehmensnetze geschaltet, die per se keine Socketverbindungen aus dem WWW-Browser bzw. dem Applet "Messaging" heraus erlauben, außer die benötigten Ports werden explizit freigeschaltet. Deshalb wurde zusätzlich eine eigenständige Applikation erstellt, die auf dem Telediagnoseserver ausgeführt wird und über dieselbe Funktionalität wie das "Messaging"-Applet verfügt.

7 Entwicklung des rechnergestützten Diagnoseprogrammes auf der Basis von Internet-Technologien

Entscheidende Zielsetzung des Telediagnosesystems ist die schnelle und effiziente Problemlösung beim Auftreten von Störungen an weltweit verteilten Produktionssystemen, über das globale Netzwerk des Internets. Im Anschluss an die Fehlererkennung durch die Visualisierungs- oder Benachrichtigungsprogramme sind deswegen im Rahmen der Diagnosekette leistungsfähige Werkzeuge zur eindeutigen Ursachenidentifikation und zur Bereitstellung adäquater Reaktionsstrategien anzustoßen.

Die Komplexitätssteigerung bei Maschinen und Anlagen, hervorgerufen durch die zunehmende Funktionsintegration und Flexibilitätserhöhung, erfordert die umfassende Unterstützung der Experten bei der Diagnose mit rechnergestützten Werkzeugen [32]. Insbesondere, da viele Fehlersituationen aufgrund ihrer hohen Komplexität, den permanenten und standortunabhängigen Zugriff auf das spezifische Wissen von Spezialisten verschiedener Fachdisziplinen benötigen. Dieses Expertenwissen ist demzufolge in geeigneten Strukturen informationstechnisch abzubilden und dem Anwender mit leistungsfähigen Softwarewerkzeugen zur Verarbeitung bereitzustellen.

Zentraler Kern des Telediagnosesystems ist deshalb ein rechnergestütztes Diagnoseprogramm, dessen Besonderheit in der Internetfähigkeit zu sehen ist, so dass es nur bei Bedarf von dem Maschinenbediener oder Experten über das Netzwerk geladen und aktiviert wird. Im Gegensatz zu vorhandenen Telediagnoselösungen, die für den Experten lediglich eine Datenübertragung zur Problemlösung vorsehen, wird mit diesem Programm eine umfassende Rechnerunterstützung zur Verfügung gestellt.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Grundlagen der technischen Diagnose dargelegt und das übergreifende Konzept des Diagnoseprogrammes entwickelt. Daran anschließend erfolgt die Erläuterung des Aufbaus und des Zusammenspiels der einzelnen Module des Programmes.

7.1 Systematischer Entwurf des Programmes

7.1.1 Methoden und Problematik der technischen Diagnose

Unter dem Begriff der technischen Diagnose [152][58][158][25][139][4][55][145][44] wird im Rahmen dieser Arbeit, die gesamte Prozesskette, von der Fehlererkennung über die Ermittlung und Lokalisierung der Ursache, bis zur Bereitstellung entsprechender Therapiemaßnahmen zur Störungsbehebung verstanden. Ergänzend werden Verfahren zur Generierung von Diagnosewissen und zur präventiven Fehlervermeidung diesem Themenkomplex zugeordnet.

Die Überwachungskomponente bildet die erste Stufe der Diagnosekette und dient primär zur Erkennung von Fehlern an Produktionssystemen, durch die Feststellung von

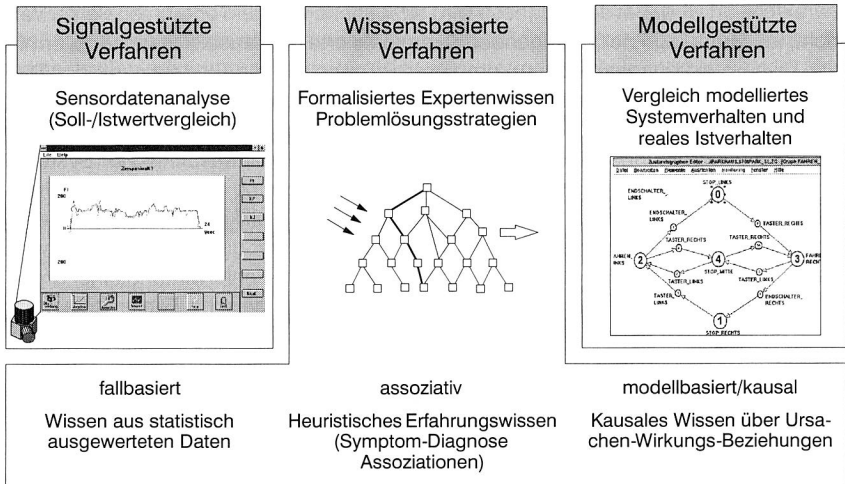


Bild 7-2: Klassifizierung der Diagnosesysteme nach dem Wirkprinzip

7.1.2 Entwicklung der Architektur und der Module des Programmes

Der Aufgabenbereich des Diagnoseprogrammes des Telediagnosesystems ist die Unterstützung des Anwenders bei der Problemlösung an Produktionssystemen, durch die Bereitstellung umfassender rechnergestützter Werkzeuge. Die Nutzung des Programmes soll standortunabhängig durch den Bediener direkt vor Ort an der Maschine und durch den Experten in der Servicezentrale des Herstellers möglich sein, woraus ein paralleler Einsatz der Software sowohl zur lokalen Diagnose als auch zur Telediagnose möglich ist. Voraussetzung hierfür ist die zentrale Bereitstellung des Programmes durch den WWW-Server des Telediagnoserechners. Somit lässt sich die kostenintensive Installation eines Diagnosesystems auf der Maschine sowie die Notwendigkeit zur permanenten Aktualisierung des Softwarestandes, und insbesondere des Diagnoseswissens, vermeiden.

Aus der Serverinstallation resultiert die grundlegende Anforderung an das Diagnoseprogramm, bezüglich der Realisierung einer netzwerkfähigen Lösung auf der Basis der Technologien des Internets und der vollständigen Implementierung in der Sprache Java. Der Aufruf, die Ausführung und die Visualisierung des Softwaresystems kann somit bedarfsgerecht über einen javafähigen WWW-Browser umgesetzt werden, wobei zudem eine plattformunabhängige Nutzung mit einer problemlosen Einbettung in bestehende Rechner- und Betriebssystemstrukturen gegeben ist.

Die zu entwickelnde Software muss die gesamte Prozesskette der Diagnose abdecken, ausgehend von der Signalerfassung und der Merkmalsextraktion zur Symptommengewinnung bis zur Bereitstellung multimedialer Therapiemaßnahmen, unter Nutzung

der besonderen Möglichkeiten des World Wide Web. Die Problemlösungsstrategien müssen vor allem die Behandlung komplexer Fehlersituationen ermöglichen, wobei, entsprechend der individuellen Qualifikationen der Anwender, eine beeinflussbare Diagnosesteuerung zu unterstützen ist. Die Leistungsfähigkeit der Problemlösungsstrategien erzielt, in Verbindung mit der benutzerfreundlichen Gestaltung der Anwenderschnittstellen, die notwendige Akzeptanz des Programmes beim Benutzer.

Die Analyse der im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Diagnosemethoden, hinsichtlich der eminenten Forderung nach einem adaptiven, erweiterbaren Verhalten des Programmes bezüglich der Ergänzung des Fehlerwissens oder dessen Austausch beim Wechsel des Produktionssystems, zeigte deutlich, dass diese Punkte nur von wissensbasierten Systemen erfüllt werden.

Das aus den genannten Anforderungen und Überlegungen resultierende prinzipielle Konzept des generischen Diagnoseprogrammes basiert demzufolge auf einem Expertensystemansatz. Die Architektur und die Informationsflüsse zwischen den funktional eigenständigen Modulen des Systems sind in Bild 7-3 dargestellt. Sie werden im folgenden Absatz kurz und in den anschließenden Kapiteln detaillierter erläutert.

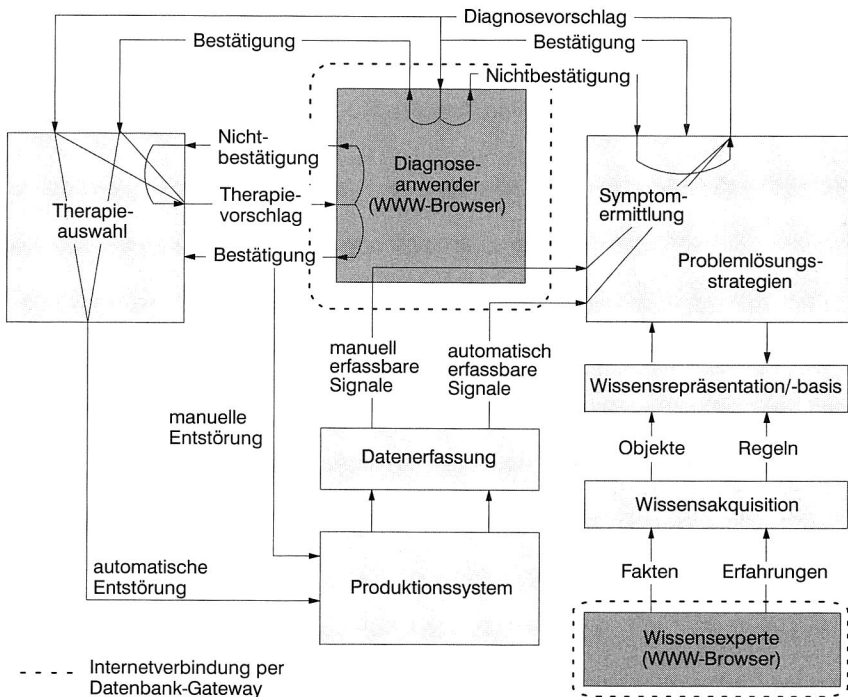


Bild 7-3: Komponenten und Informationsflüsse des Diagnoseprogrammes

Das wichtigste Kennzeichen des Diagnoseprogrammes ist die strikte Trennung zwischen der Repräsentation des Wissens in der Wissensbasis und den Verarbeitungsmechanismen. Die Wissensbasis enthält das zur Problemlösung notwendige Fakten- und Erfahrungswissen von Experten in Form von Objekten und Regeln. Die Erfassung dieser Informationen wird über ein Modul zur Wissensakquisition realisiert, welches dem Anwender die Eingabe von Wissen, ohne Kenntnis der datentechnischen Ableitung und Verknüpfung der Informationen ermöglicht. In den Verarbeitungsmechanismen sind die Strategien zur Problemlösung bzw. die Inferenzmechanismen in Form von programmgesteuerten Algorithmen enthalten. Diese geben an, wie Symptome zu interpretieren sind und wie das Wissen darauf anzuwenden ist. Über eine Benutzerschnittstelle wird sowohl die Steuerung der Inferenzmechanismen als auch die Ausgabe des Diagnoseergebnisses realisiert, einschließlich einer Erklärung der internen Prozesse. Durch die Trennung von Wissen und Verarbeitung ist eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Erweiterung der Wissensbasis oder des Wechsels des Produktionssystems gegeben, da Änderungen lediglich in der Wissensbasis erfolgen und Modifikationen in der Implementierung des Softwareprogrammes nicht notwendig sind.

Trotz dieser weitgehenden softwaretechnischen Abbildung des Diagnoseprozesses steht der Mensch weiterhin im Mittelpunkt und bildet die zentrale Schnittstelle zu den Modulen. Sein Aufgabenbereich beschränkt sich vornehmlich auf die Kontrolle und Steuerung des Diagnoseprozesses sowie auf die Verifizierung der Ergebnisse.

7.2 Wissensrepräsentation zur Problemlösung in der Diagnose

Die rechnergestützte Abbildung von Expertenwissen ist die Voraussetzung zur adäquaten Problemlösung mit dem internetbasierten Diagnoseprogramm. Die Wissensrepräsentation muss den strukturellen Aufbau und die Fehlerbeschreibungen des Produktionssystems, in Form einer geeigneten Modellierung, informationstechnisch in der Wissensbasis abbilden. Das so erzeugte Modell stellt die Plattform zur Anwendung der Problemlösungsstrategien bzw. Inferenzprozesse dar.

Aus den Aufgaben des insbesondere zur Telebetreuung genutzten Diagnoseprogrammes resultieren die Anforderungen an die Wissensrepräsentation. Die entscheidenden Randbedingungen ergeben sich aus den zu entwickelnden Inferenzmechanismen. Es müssen Fehler-Ursachen-Beziehungen erstellbar sein, die aufgrund der kausalen Fehler-Ursachen-Verkettungen den Aufbau einer hierarchischen Struktur über mehrere Ebenen erlauben. Weiterhin müssen die Symptome in die Wissensrepräsentation integrierbar sein, um den Klassifikationsprozess der Diagnose bei Mehrdeutigkeiten mit fundierten Kennwerten aus den aktuellen Symptomausprägungen zu unterstützen.

Anzustreben ist auch eine Wissensrepräsentation, bei der das Expertenwissen für den Anwender in einer übersichtlichen Form darstellbar ist. Deshalb wird als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Datenstruktur der Wissensbasis der Aufbau der weit verbreiteten FMEA-Methode (Failure Mode and Effects Analysis) zugrunde gelegt, die zudem ein erhebliches Rationalisierungspotenzial bei der Wissensakquisition bietet (siehe auch Kapitel 7.6).

Weiterhin müssen Möglichkeiten zur detaillierten Beschreibung des Fehlerortes für eine schnelle Lokalisierung und zur Ablegung von Reaktionsmaßnahmen in multimedialer Form gegeben sein. Für die Abbildung von maschinenübergreifenden Fehlerbeschreibungen bei Anlagen, die aus mehreren Einzelsystemen bestehen, ist eine entsprechende informationstechnische Beschreibung vorzusehen.

7.2.1 Modellierung der Fehler-Ursachen-Strukturen

Für das Diagnoseprogramm wurde eine hybride Wissensbasis realisiert, bestehend aus einer Kombination von modellbasiertem und assoziativem Wissen, um die Vorteile beider Beschreibungsformen optimal zu nutzen. Assoziatives Wissen nutzt die heuristischen Erfahrungen von Experten und setzt sich aus bekannten Symptom-Diagnose-Beziehungen zusammen. Der modellbasierte Anteil beruht auf kausalem Wissen über Aufbau, Funktion und Zweck des technischen Systems.

Die Strukturierung der Wissensbasis sieht dementsprechend eine aufgabenbezogene Trennung in die beiden Hauptgruppen des System- und des Fehlerwissens vor. Einen stark vereinfachten Ausschnitt aus der Datenstruktur der Wissensbasis zeigt das Bild 7-4. Auf nähere Details des Datenmodells soll hier nicht eingegangen werden.

Im Bereich der Systemstruktur wird jedes Produktionssystem mit seinen charakteristischen Eigenschaften, wie den Komponenten und deren Funktionen beschrieben. Dieses Prinzip erlaubt sowohl den datentechnischen Aufbau einer einzelnen Maschine als auch den einer gesamten Anlage. Durch die Verknüpfung der Systemstruktur mit einer realen Maschine beim Kunden wird das Systemwissen gebildet.

Im Fehlerwissen erfolgt die systematische Abbildung der Fehler-Ursachen-Strukturen. Eine Fehleranalyse beinhaltet die Beschreibung eines Fehlers und der korrespondierenden Ursache sowie die qualitative Bewertung über eine charakteristische Symptomformel und die Kriterien der FMEA-Methode (Auftrittswahrscheinlichkeit, Entdeckungswahrscheinlichkeit, Schwere). Diese analytische Bewertung dient vor allem der Entscheidungsunterstützung in den Inferenzprozessen.

Für die Problemlösungsstrategien wird das Wissen, durch die kausalen Verknüpfungen der Fehleranalysen, zu der netzartigen Struktur von Fehlergraphen verbunden [42]. Ein Informationsobjekt, bezeichnet als Fehler-Ursachen-Objekt, entspricht einem Knoten im Graphen und repräsentiert dessen vollständige Beschreibung, die sich aus dem System- und dem Fehlerwissen zusammensetzt. Die eindeutigen Beziehungen zwischen den Knoten werden über gerichtete Kanten dargestellt.

Die kausalen Verkettungen, und somit die Bildung der hierarchischen Fehlergraphen, ergeben sich aus zwei logischen Zusammenhängen der Diagnose. Einerseits dadurch, dass die Ursache eines Fehlers lediglich die Wirkung einer weiteren Ursache darstellen kann, und andererseits indem ein Fehler die Folge mehrerer Ursachen sein kann, d.h. dass dieser Zielknoten über mehrere andere Knoten erreichbar ist. Der letzte Aspekt bedingt, dass sich nicht nur hierarchisch gerichtete Fehlerbäume, son-

dern deutlich komplexere und hochintegrierte Fehlergraphen bilden lassen. Datentechnisch beschrieben werden diese kausalen Verknüpfungen über die Angaben im Bereich der Graphenstruktur des Fehlerwissens.

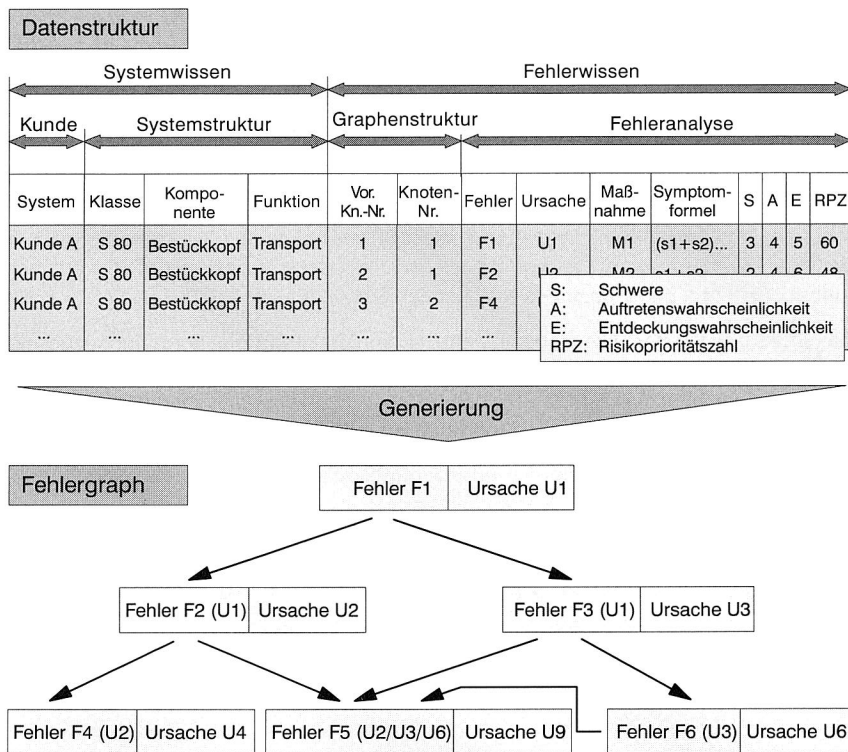


Bild 7-4: Datenstruktur der Wissensrepräsentation und Konstruktionsprinzip der Fehlergraphen (stark vereinfachte Darstellung)

Der Fehlergraph kann, in analoger Weise zur Wissensrepräsentation in Expertensystemen, durch Regeln beschrieben werden. Eine Regel setzt sich aus einem WENN-Teil mit der Bedingung und einem DANN-Teil mit der Schlussfolgerung zusammen [6][125][58][49]. Für die Abarbeitung der Regeln zur Lösungsfindung wird zwischen der Vorwärts- und der Rückwärtsverkettung differenziert. Zusätzlich unterscheidet man bezüglich der Suchstrategien die Breiten- und Tiefensuche. Aus der Kombination dieser Verfahren lassen sich vier mögliche Problemlösungsstrategien erzeugen. Die Abbildung der Fehler-Ursachen-Beziehungen der vorliegenden Wissensrepräsentation, in der Beschreibungsform von Regeln ist in Bild 7-5 dargestellt. Durch die Betrachtung des WENN-Teils als Ursache und des DANN-Teils als Fehler einer Fehleranalyse können die hierarchischen Fehlergraphen gebildet werden.

Regeldefinition WENN Bedingung DANN Schlussfolgerung

Beispiel

Regel 1:	WENN x-Achse Störung (Bedingung 1) ODER z-Achse Störung (Bedingung 2)	DANN Bestückautomat Störung (Schlussfolgerung 1 und 2)
Regel 2:	WENN z-Achse Bestückkopffehler (Bedingung 3) ODER z-Achse Motorstrom zu hoch (Bedingung 4)	DANN z-Achse Störung (Schlussfolgerung 3 und 4)

Regelverkettung

Es gilt: Schlussfolgerung 1 (SF1) = Schlussfolgerung 2 (SF2)
Bedingung 2 (BD2) = Schlussfolgerung 3 (SF3) = Schlussfolgerung 4 (SF4)

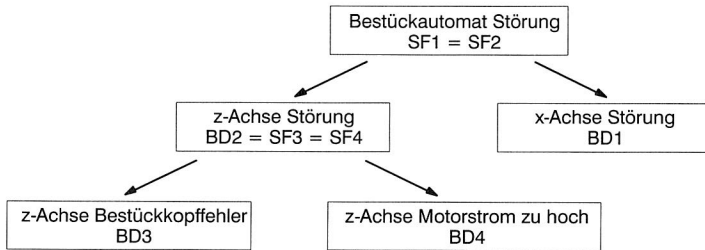


Bild 7-5: Exemplarische WENN-DANN-Regeln zur Fehlerbeschreibung

7.2.2 Integration von Konfidenzfaktoren zur Wissensbewertung

Für die Anwendung insbesondere automatisch ablaufender Problemlösungsstrategien auf die dargelegte Strukturierung des Expertenwissens in Form von Fehlergraphen, mussten weitere Kennwerte, sogenannte Konfidenzfaktoren (certainty factor), in die Wissensrepräsentation integriert werden, zur Unterstützung der Entscheidungsfindung. Eingesetzt werden Knotenkonfidenzfaktoren zur Beurteilung der Diagnosezugehörigkeit und Nachfolgekonfidenzfaktoren zum analytischen Vergleich mehrerer Lösungsmöglichkeiten.

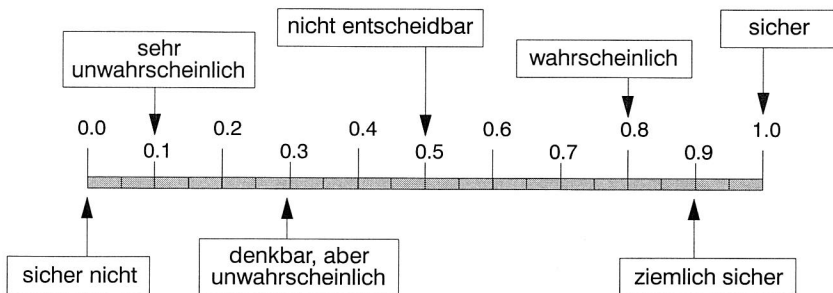


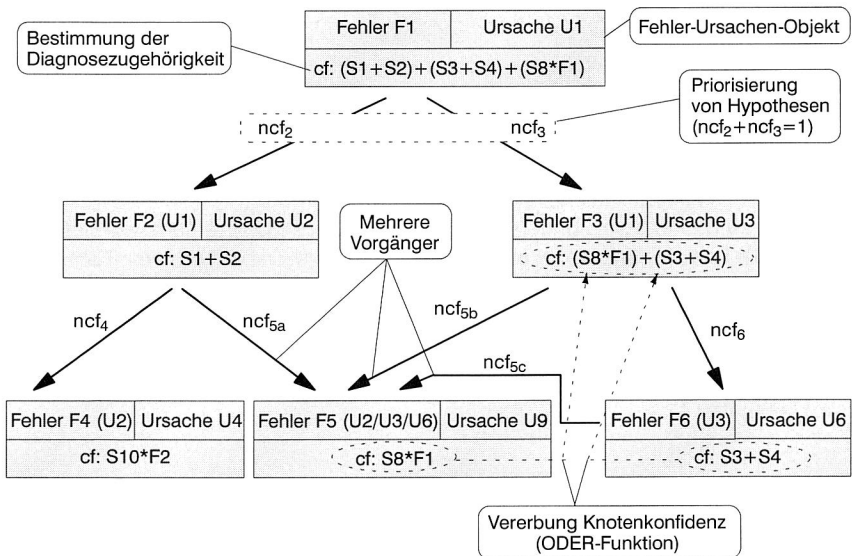
Bild 7-6: Numerische und attributmäßige Belegung der Konfidenzfaktoren (in Anlehnung an [49])

Der Wertebereich der beiden Typen von Konfidenzfaktoren wurde zwischen 0 (nicht zutreffend) und 1 (sicher zutreffend) definiert. Durch das Hinzufügen von Attributen zu den numerischen Wertebereichen wird die Anschaulichkeit für den Anwender deutlich erhöht. (Bild 7-6)

Knotenkonfidenz zur Diagnosezugehörigkeitsbestimmung

Der Knotenkonfidenzfaktor (cf) wird zur Bestimmung des Zugehörigkeitsgrades eines Fehler-Ursachen-Objektes des Fehlergraphen zur Diagnose eingesetzt. Hierzu ist jedem Fehlerknoten bzw. jeder WENN-DANN-Beziehung einer Regel eine Symptomformel zugeordnet. Mathematisch gebildet wird diese Formel durch die Verknüpfung von Symptomen über logische UND/ODER-Operatoren [57].

Symptome können aus automatisch erfassten Signalen (S_i) oder aus manuellen Benutzereingaben (F_i) extrahiert werden, wobei zur mathematischen Verarbeitung vorab eine Linearisierung (siehe Kapitel 7.3) erfolgt, so dass jedes Symptom mit einem eigenständigen Konfidenzfaktor im Wertebereich von 0 bis 1 bewertet wird.



Konfidenzfaktoren:	Symptome:	Logische Operatoren:
cf: Knotenkonfidenzfaktor	Si: Symptomwert aus Signal	+: ODER
ncf: Nachfolgekonfidenzfaktor	Fi: Symptomwert aus Benutzerfrage	*: UND

Bild 7-7: Einsatz von Konfidenzfaktoren im Fehlergraphen als Entscheidungsgrundlage zur Diagnosefindung

Das wertmäßige Ergebnis der Symptomformel entspricht dem Knotenkonfidenzfaktor und liegt im Bereich zwischen 0 und 1. Ein hoher Faktor, der über einem frei definierba-

ren Grenzwert liegt, wird dabei als ein zuverlässiges Kennzeichen für das Zutreffen der betrachteten Fehler-Ursachen-Beziehung interpretiert. Somit können bei der Anwendung von Problemlösungsstrategien auf den Fehlergraphen, einzelne Knotenobjekte verifiziert und in die Diagnosemenge aufgenommen werden.

Die UND-Verknüpfung von Symptomen bedeutet eine Einschränkung der Lösungsmenge, da beide Operanden hohe Einzelkonfidenzen aufweisen müssen, um eine hohe Knotenkonfidenz zu erzielen. Die ODER-Verknüpfung hingegen erweitert die Lösungsmenge. Mathematisch ausgedrückt werden diese Verknüpfungen durch die Beziehungen (7.4) und (7.5) [57].

$$\text{UND-Verknüpfung: } cf = cf_1 \cdot cf_2 \cdot \dots \cdot cf_n \quad (7.4)$$

$$\text{ODER-Verknüpfung: } cf = 1 - (1 - cf_1) \cdot (1 - cf_2) \cdot (1 - \dots) \cdot (1 - cf_n) \quad (7.5)$$

Betrachtet man die WENN-DANN-Notation (Bild 7-8), so besitzen alle WENN-Teile und der DANN-Teil einen eigenen Konfidenzwert. Dabei entspricht die UND-Verknüpfung eines WENN-Teils mit dem DANN-Teil der Symptomformel des entsprechenden Fehlerknotens. Zur Berechnung der Regelkonfidenz werden deshalb die Einzelkonfidenzen von WENN- und DANN-Teil über die UND-Funktion multipliziert.

Definition

Regel	WENN Bedingung BD1 (cf_{BD1}) VERKNÜPFUNG Bedingung BD2 (cf_{BD2}) VERKNÜPFUNG Bedingung BD3 (cf_{BD3})	DANN Schlussfolgerung SF1 (cf_{SF1})
-------	---	--

cf_i : Knotenkonfidenzfaktor ($i=1, 2, 3, \dots$)
 BD*i*: Bedingung Nr. *i*
 SF*i*: Schlussfolgerung Nr. *i*
 VERKNÜPFUNG: logische Verknüpfung UND bzw. ODER

Beispiel

Regel 6	WENN z-Achse Bestückkopffehler ($cf=S1+S2$) ODER z-Achse Kollision ($cf=S4+S6+S7+F1+F2$)	DANN Motorstrom zu hoch ($cf=S3$)
---------	---	-------------------------------------

Si: Symptomwert aus Signal
 Fi: Symptomwert aus Benutzerfrage

Bild 7-8: Erweiterte WENN-DANN-Notation mit Knotenkonfidenzen

Die Definition der Symptomformel ist bei der Neuanlage einer Fehler-Ursachen-Beziehung in der Wissensbasis durch den Experten festzulegen. Können für ein Knotenobjekt im Fehlergraphen explizit keine eigenständigen Symptome aus entsprechenden Signalen oder Benutzerabfragen definiert werden, so kann die Formel aus den Symptombildern der untergelagerten Knotenobjekten abgeleitet werden (siehe Bild 7-7). Je nach Anwendungsfall werden dazu die gesamte Symptomformel oder nur die Fehler- bzw. Schlussfolgerungskonfidenzen der untergelagerten Objekte vererbt. Erfolgt die Ableitung für den Knoten aus mehreren, nachfolgenden Objekten, so wird die neue Beziehung durch die ODER-Verknüpfung der zu vererbenden Symptomformeln bzw. deren Anteilen zusammengesetzt. Beispielsweise vererben die Knoten 6 und 13 (bzw.

ren hinterlegt, die in der Summe den Wert 1 ergeben (siehe Bild 7-7). Die Höhe dieser Kennwerte entspricht der Häufigkeit des Auftretens dieser Fehler-Ursachen-Relation und wird zur Priorisierung der zu analysierenden Verzweigungen genutzt, indem der verbleibende Graph, der sich aus der Verzweigung mit dem höchsten Faktor bildet, zunächst betrachtet wird. Dadurch kann in der Fehler-Ursachen-Hierarchie immer weiter nach unten verzweigt und das Diagnoseergebnis detailliert werden. In analoger Weise kann bei der WENN-DANN-Notation die Nachfolgekonzidenz als Häufigkeit des Regelübergangs interpretiert werden. Der Bedingungsteil der betrachteten Regel mit der höchsten Konfidenz wird als die zu suchende Schlussfolgerung angesehen.

Bei der Entwicklung der Wissensrepräsentation wurde festgelegt, dass ein Fehler-Ursachen-Objekt von mehreren Vorgängern aus erreichbar ist, was zur Graphenstruktur führte. In diesen Fällen besitzen die Vorgänger unterschiedliche Nachfolgekonzidenzen bezüglich des gemeinsamen Nachfolgers. In der WENN-DANN-Notation ausgedrückt bedeutet dies, dass eine Bedingung zu mehreren Schlussfolgerungen führen kann, so dass im Bedingungsteil die Möglichkeit zur Definition mehrerer Nachfolgekonzidenzfaktoren gegeben ist. (Bild 7-10)

Definition

Regel	WENN Bedingung BD1 (cf_{BD1}) (R a: ncf (a); R b: ncf (b); ...) VERKNÜPFUNG Bedingung BD2 (cf_{BD2}) (R d: ncf (d); R e: ncf (e); ...) VERKNÜPFUNG Bedingung BD3 (cf_{BD3}) (R f: ncf (f); R g: ncf (g); ...)	DANN Schlussfolgerung SF1 (cf_{SF1})
	cf_i : Knotenkonzidenzfaktor ($i=1, 2, 3, \dots$) ncf_i : Nachfolgekonzidenzfaktor BD_i : Bedingung Nr. i SF_i : Schlussfolgerung Nr. i VERKNÜPFUNG: logische Verknüpfung UND bzw. ODER a,b, ...: Nummer der Regel aus der Bedingungsteil abgeleitet ist	

Beispiel

Regel 4	WENN z-Achse Bestückkopffehler ($cf_{BD1}=S1+S2$) ODER z-Achse Motorstrom zu hoch ($cf_{BD2}=S3$) ODER z-Achse Kollision ($cf_{BD3}=S4+S6+S7+F1+F2$)	DANN z-Achse Störung ($cf_{SF1}=1$)
Regel 5	WENN z-Achse Lagerver. ($cf_{BD1}=S1$) (R4: 0,6; R6: 0,3) ODER z-Achse Überbeanspruchung ($cf_{BD2}=S2$) (R4:0,4; R6:0,7)	DANN z-Achse Bestückkopffehler ($cf_{SF1}=1$)
Regel 6	WENN z-Achse Bestückkopffehler ($cf_{BD1}=S1+S2$) ODER z-Achse Kollision ($cf_{BD2}=S4+S6+S7+F1+F2$)	DANN Motorstrom zu hoch ($cf_{SF1}=S3$)
	Si : Symptomwert aus Signal Fi : Symptomwert aus Benutzerfrage	

Bild 7-10: WENN-DANN-Notation mit Nachfolge- und Knotenkonzidenzfaktoren

Die wertmäßige Belegung der Nachfolgekonzidenzfaktoren wird zu Beginn vom Experten vorgenommen und kann im Einsatz sukzessive, durch die Verifizierung der Diagnosen, in Form eines adaptiven Regelverhaltens an die reale Fehlersituation angepasst werden. Die Hinterlegung des Nachfolgekonzidenzfaktors für einen Fehlerknoten wird im FMEA-Parameter Auftretenswahrscheinlichkeit vorgenommen.

7.2.3 Aufbau und Strukturierung der Datenbasis

Zur informationstechnischen Speicherung der Datenstruktur der Wissensbasis wird ein relationales Datenbanksystem verwendet, dessen besondere Vorteile in der weiten Verbreitung und in der Nutzung der standardisierten Abfragesprache SQL liegen.

Inhaltlich betrachtet sind in der entwickelten Datenbank verschiedene Informationsklassen vorhanden. Die entscheidenden Angaben betreffen den komponentenartigen System- bzw. Maschinenaufbau sowie die Beschreibung der Fehler-Ursachen-Strukturen, mit den Konfidenzfaktoren und den dazugehörigen Symptombeschreibungen. Zusätzlich sind, wie bereits in Kapitel 4.3.4 angesprochen, exakte Angaben über die bei den Kunden zu betreuenden Maschinen, inklusive der Adressierungsdaten für die Internetanbindung gespeichert. Ergänzung finden diese Informationen durch maschinenspezifische Zeichnungen und multimediale Daten zur Beschreibung der Fehlerbehebungsmaßnahmen. Diese Ressourcen sind in Form von URLs auf die entsprechenden Files des Dateisystems des Telediagnoseservers in der Datenbank hinterlegt.

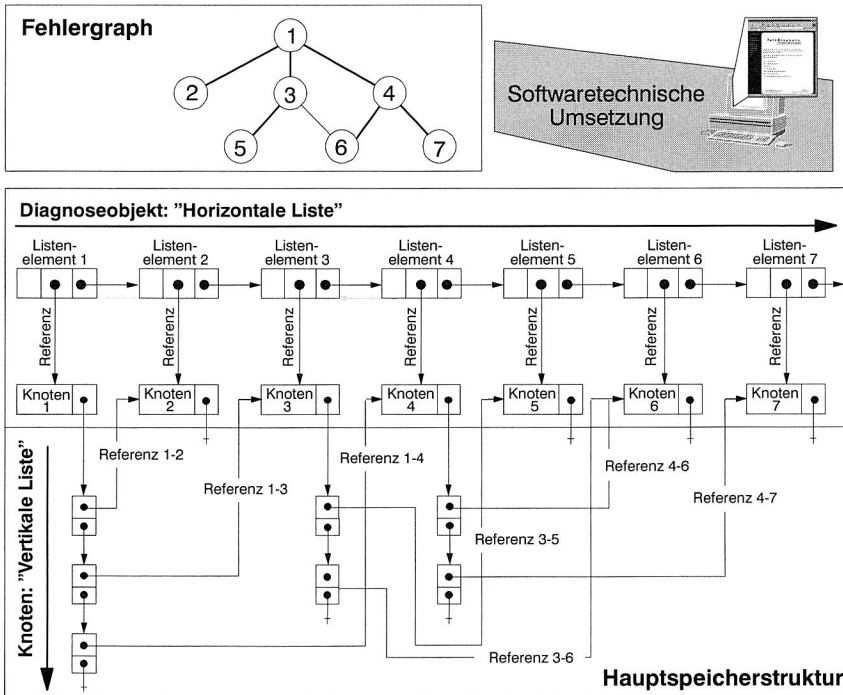


Bild 7-11: Ablegung der Fehler-Ursachen-Beziehungen in verketteten Listenstrukturen (in Anlehnung an [138])

Zur Erstellung des formalen Datenmodells mussten im Rahmen des Modellierungsprozesses die Informationsklassen in Relationen bzw. Tabellen überführt und

diese durch entsprechende Beziehungen verknüpft werden. Die implementierungstechnische Umsetzung wurde mit dem Datenbankmanagementsystem Microsoft Access 97 realisiert. Die entwickelte Diagnosedatenbank wird zentral auf dem Server des Teliagnostosesystems zur Verfügung gestellt.

Zur Anwendung der Problemlösungsstrategien auf einem Clientrechner im Internet, wurde eine spezielle Datenstruktur für die temporäre Abbildung der Fehler-Ursachen-Beziehungen im Hauptspeicher des Rechners während der Programmlaufzeit entwickelt. Dazu wird das Fehlermodell eines Produktionssystems über das Datenbank-Gateway zu Beginn der Diagnose geladen und in dieser speziellen Struktur hinterlegt. Dies ermöglicht eine deutliche Geschwindigkeitsoptimierung bei der Ausführung der Algorithmen, da diese mit dem internen Modell arbeiten und somit Datenbankzugriffe vermieden werden.

Zur Generierung der Hauptspeicherstruktur wird für jeden Knoten im Fehlergraphen ein eigenes Objekt 'Knoten' definiert. Dieses verfügt über eine Liste ("Vertikale Liste") mit Referenzen auf von ihm aus erreichbare Knoten. Darüber hinaus musste ein wahlfreier, und somit schneller Zugriff auf jedes Knotenobjekt möglich sein, ohne die Hierarchieebenen des Graphen zu durchlaufen. Deshalb ist zusätzlich eine lineare Liste vorhanden ("Horizontale Liste"), in der sequentiell alle Fehler-Ursachen-Beziehungen eines Diagnoseobjektes ohne definierte Rangfolge eingehängt sind.

7.3 Verarbeitung der aktuellen Symptomdaten

Die Symptome sind die Eingangsgrößen einer Diagnose und die Entscheidungsgrundlage der Problemlösungsstrategien. Differenziert werden kann zwischen analytischen und heuristischen Symptomen [57]. Die Ermittlung der analytischen Symptome erfolgt aus direkt messbaren Signalen, die überwiegend automatisch am Produktionssystem über eine spezifische Schnittstelle erfasst und lokal in der relationalen Zustandsdatenbank abgespeichert werden. Die heuristischen Symptome sind nicht direkt messbar, sondern ergeben sich aus den Beobachtungen des Bedieners, die in Form von qualitativen Angaben wie "viel", "wenig" usw. linguistisch beschrieben werden [57]. Die Erfassung dieser Angaben wird durch entsprechende Fragestellungen an den Anwender in der Diagnosesitzung vorgenommen.

Für die Verarbeitung beider Typen von Symptomen mit den Problemlösungsstrategien, d.h. konkret zur Ermittlung der Nachfolge- und Knotenkonfidenzfaktoren, mussten die Symptome in eine einheitliche Darstellungsform gebracht werden, unabhängig von ihrer tatsächlichen Ausprägung. Entwickelt wurde ein Verfahren, das es ermöglicht, sowohl die Maschinensignale, mit ihren unterschiedlichen physikalischen Bedeutungen als auch die Benutzereingaben, welche vornehmlich nicht über konkrete Zahlenwerte sondern über bewertende Attribute erfolgen, gemeinsam zu verarbeiten und die ermittelten Symptome in einem Wertebereich zwischen 0 und 1 anzugeben.

Die Berechnung der einheitlichen Darstellung der analytischen Symptome aus den Signalen wird über Linearfunktionen realisiert, basierend auf dem Prinzip der Fuzzy-Lo-

gik. Zur informationstechnischen Beschreibung der Signale werden dazu die charakteristischen Kennwerte Sollwert, oberer und unterer Grenzwert genutzt. Durch die Kombination dieser Kennwerte sind theoretisch fünf mögliche Linearisierungsfunktionen konstruierbar. Diese wurden algorithmisch implementiert und übernehmen die automatische Konvertierung der Signale in Symptomwerte zwischen 0 und 1. (Bild 7-12)

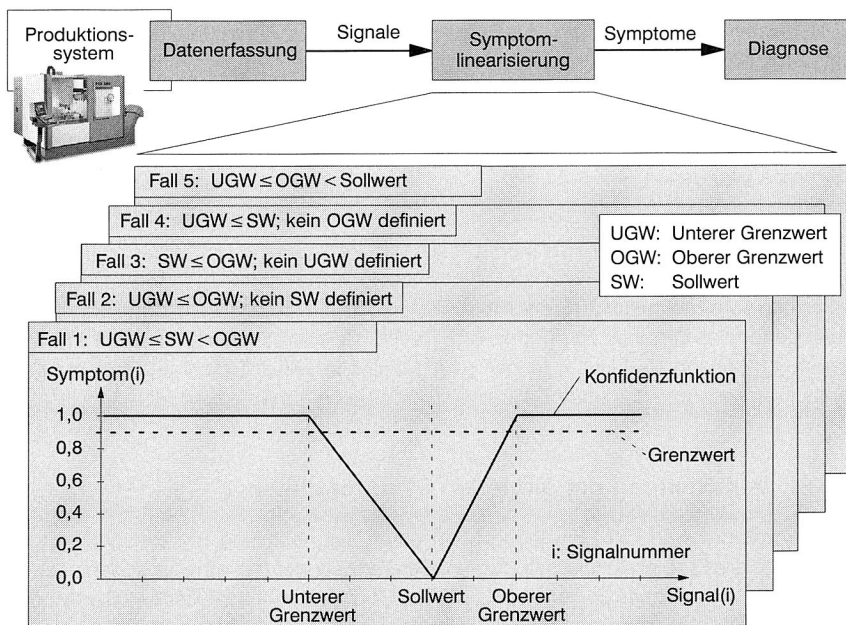


Bild 7-12: Linearisierungsfunktionen zur Ermittlung der analytischen Symptome

Die Ermittlung der heuristischen Symptome erfolgt aus den Beschreibungen von Sachverhalten durch die Benutzer. Die Zuordnung der problembeschreibenden Attribute des Sachverhaltes zu numerischen Faktoren im definierten Wertebereich, ergibt die geforderte Darstellung der Symptome dieses Typs.

7.4 Inferenzstrategien zur rechnergestützten Fehlerdiagnose

Beim Auftreten einer Störung an einem Produktionssystem zeigt diese, in Abhängigkeit des Fehlers, bestimmte analytische und heuristische Symptome. Diese werden bei der Diagnose unter Anwendung der Wissensbasis und der Inferenzmethoden verarbeitet, mit der Zielsetzung, der möglichst sicheren und exakten Bestimmung der Fehlerursache. Eine wesentliche Bedeutung bei den in dieser Arbeit entwickelten Problemlösungsstrategien kommt dem Anwender zu. Er übernimmt die Eingabe heuristischer Fehlerbeobachtungen und kann vor allem die Inferenzprozesse gezielt beeinflussen und steuern. (Bild 7-13)

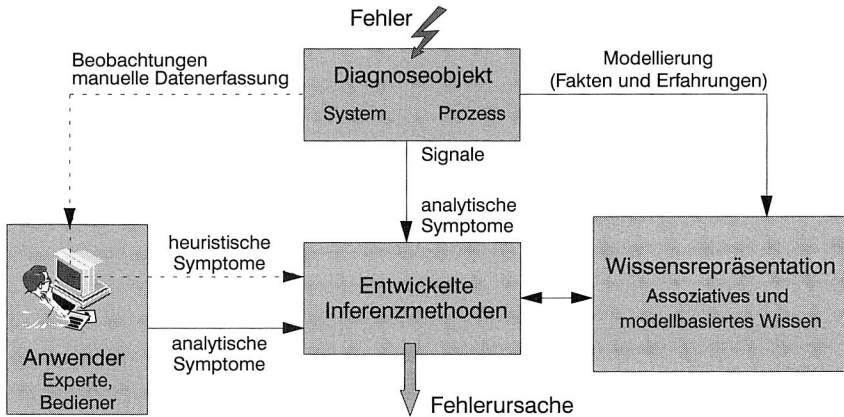


Bild 7-13: Systematischer Ablauf der Diagnose unter Anwendung der entwickelten Inferenzmethoden

Zur effizienten Problemlösung wurden drei verschiedene Strategien konzipiert und implementiert (Bild 7-14), die auf der Grundlage der netzartigen Verkettung von Einzelinformationen im Fehlergraphen und des aktuellen Zustandes des Produktionssystems, eine schnelle und zuverlässige Ermittlung der Fehlerursache ermöglichen [27].

Die Inferenzmethode **“Best Solution”** eruiert eindeutig die zutreffendste Ursache zum gegebenen Fehler, anhand der vorliegenden Symptome. Dazu wird der Suchraum sukzessive eingeschränkt, indem speziell ein Fehler-Ursachen-Objekt einer Hierarchieebene des Fehlergraphen favorisiert wird, und nur die von ihm aus erreichbaren Knoten weiter analysiert werden. Vorteile sind die schnelle Terminierung des Algorithmus und die Findung der wahrscheinlichsten Ursache. Der Nachteil liegt darin, dass möglicherweise Nebenursachen in anderen Zweigen nicht gefunden werden.

Startpunkt der Methode **“Best Solution”** kann jedes Fehler-Ursachen-Objekt des Fehlergraphen sein, in der Regel wird allerdings vom Wurzelknoten in der obersten Ebene 0 ausgegangen, der die allgemeine Störung des Produktionssystems beschreibt. Im nächsten Schritt erfolgt die Betrachtung der erreichbaren Knoten der darunter liegenden Ebene 1. Bei mehreren Alternativen (Mehrfachverzweigungen) werden, in Abhängigkeit des Nachfolgekonzidenzfaktors, die Knoten der aktuellen Ebene 1 in eine entsprechende Reihenfolge gebracht, d.h. es wird eine Priorisierung der Hypothesen festgelegt. Die am höchsten gewichtete Hypothese wird zunächst betrachtet, indem der Knotenkonzidenzfaktor des dazugehörigen Fehler-Ursachen-Objektes anhand der gegebenen Symptome analysiert wird. Liegt der berechnete Konzidenzfaktor über dem Grenzwert, so wird der Knoten der Diagnosemenge zugeordnet, und die Bereiche des Fehlergraphen, die von anderen Knoten der Ebene 1 erreichbar sind, für die aktuelle Diagnose ausgeblendet. Die nicht Bestätigung der Hypothese führt hingegen zum Ausblenden des aktuellen Zweiges und zum Rückschritt im Fehlergraphen, mit der Analyse der nächstpriorien Hypothese der Ebene 1. Bei der Verifizierung eines Kno-

tens wird ausgehend von diesem, in analoger Weise wie oben beschrieben, die weiterführende Betrachtung der Objekte der nächsten Ebene 2, mit der Hypothesenpriorisierung und der Knotenkonfidenzberechnung vorgenommen. Eine Terminierung des Algorithmus kann aufgrund von zwei Bedingungen auftreten. Im ersten Fall kann ein Knoten einer Ebene nicht mehr verifiziert werden, so dass die Suche beendet wird, und als Ergebnis der zuletzt bestätigte Knoten der überlagerten Ebene gilt. Im zweiten Fall befindet sich der Algorithmus in der letzten Ebene des Fehlergraphen, so dass eine tiefergehende Analyse nicht mehr möglich ist, und der aktuelle Knoten das Ergebnis darstellt. Die gesuchte Problemlösung zu dem aufgetretenen Fehler resultiert aus der Ursache des bei der Terminierung verifizierten Fehler-Ursachen-Objektes.

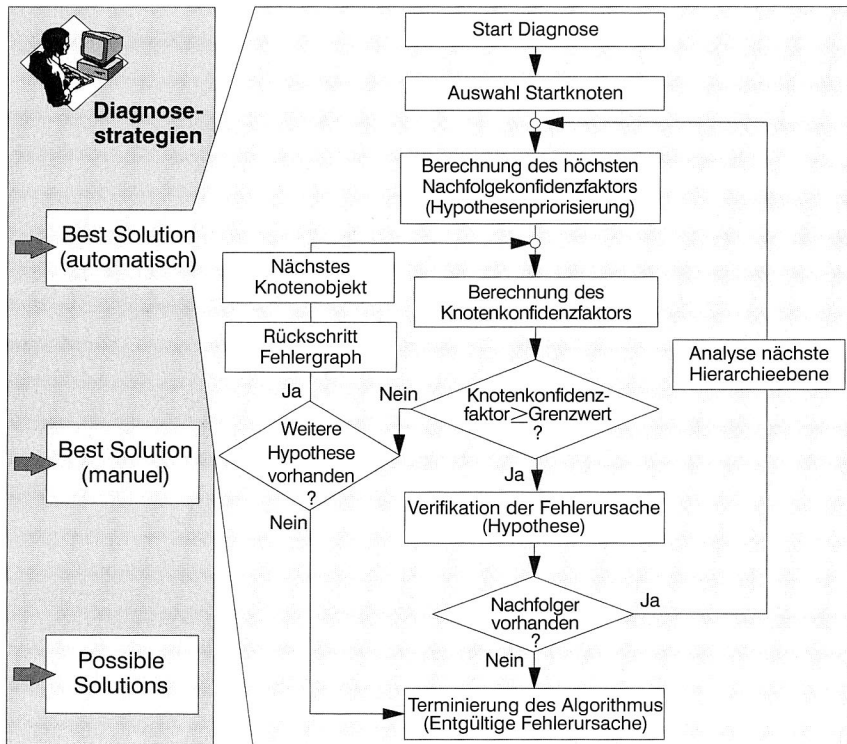


Bild 7-14: Entwickelte Problemlösungsstrategien zur Diagnosefindung

Die manuelle Methode "**Best Solution (manuel)**" operiert mit den gleichen Algorithmen wie die automatische Strategie "Best Solution", allerdings wird die Diagnosesteuerung vollkommen dem Anwender überlassen. Zu dessen Unterstützung werden sehr detaillierte Angaben zu den Fehler-Ursachen-Objekten im Graphen, in Verbindung mit den ermittelten Nachfolge- und Knotenkonfidenzfaktoren angeboten. Die Reihenfolge zur Abarbeitung der Hypothesen, die Verifizierung der Knotenobjekte und

die Terminierung der Suche wird alleine durch den Anwender bestimmt. Mit dieser benutzergesteuerten Methode kann dem Nachteil der automatischen Variante entgegengetreten werden, da eine ungewollte Einschränkung des Suchraumes vermeidbar ist.

Die Methode **“Possible Solutions”** ermittelt alle theoretisch möglichen Fehlerursachen, die aufgrund der aktuellen Symptomausprägungen vorliegen können. Bei diesem Inferenzverfahren wird sukzessive jeder Pfad im Fehlergraph betrachtet, wobei die Nachfolgekonfidenzfaktoren unberücksichtigt bleiben. Zur Verifizierung von Fehler-Ursachen-Objekten wird deren Knotenkonfidenzfaktor herangezogen. Diese Methode zeigt dem Anwender, der die Entscheidung über die richtige Diagnose trifft, die möglichen Ursachen zu dem gegebenen Fehler, in Verbindung mit detaillierten Zusatzinformationen an. Die Methode **“Possible Solutions”** ist bei großen Fehlergraphen, aufgrund der Bearbeitung des gesamten Suchraumes sehr zeitaufwendig, liefert allerdings das umfassendste Ergebnis durch die Berücksichtigung aller Ursachen.

7.5 Implementierung der Klassen zur Abbildung der Diagnosefunktionalität

Die Implementierung des Diagnoseprogrammes wurde in der Programmiersprache Java der Version 1.1.6 vorgenommen, die die Entwicklung verteilter Systeme und das grundlegende Konzept des Telediagnosesystems, bezüglich der internetbasierten Programmausführung, mit einem javafähigen Browser unterstützt. Somit konnte eine netzwerkbasierte Software zur umfassenden Rechnerunterstützung bei den Problemlösungsprozessen der Diagnose realisiert werden, was einen besonderen Aspekt des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Telediagnosesystems darstellt. Auf nähere Details der programmtechnischen Umsetzung soll nicht eingegangen werden.

7.6 Systematischer Wissenseditor zur direkten Akquisition von Expertenwissen

7.6.1 Problemfeld und Methoden der Wissensakquisition

Die Aufgabe der Wissensakquisition liegt im Aufbau und der permanenten Aktualisierung der Wissensbasis des Diagnoseprogrammes. Die Prozesskette reicht von der Erfassung und der Analyse der diagnoserelevanten Informationen, über deren Formalisierung entsprechend der Strukturierung der Wissensrepräsentation, bis zur datentechnischen Speicherung in der Wissensbasis.

Die Wissensakquisition besitzt eine entscheidende Bedeutung für die Akzeptanz des Telediagnosesystems bei den Anwendern. Die Erfassung des Wissens, aus technischen Unterlagen und aus den Erfahrungen der Experten, ist ein sehr aufwendiger und komplexer Prozess. Wird der Aufwand zur Erstellung und zur Pflege der Wissensbasis

für den Anwender zu hoch, so nimmt dessen Mitarbeit und somit die Aktualität sowie die Qualität des Wissens deutlich ab. Die Wissensbasis ist allerdings in hohem Maße für die Leistungsfähigkeit des Diagnoseprogrammes verantwortlich. Die Maschinenbediener und die Serviceexperten als Nutzer der Software erwarten eine zielgerichtete Unterstützung im Lösungsprozess, insbesondere bei komplexen Problemen. Hierzu ist für die Inferenzstrategien entsprechend fundiertes und aktuelles Wissen bereitzustellen. Aus den genannten Gründen muss gerade auf die Leistungsfähigkeit des Wissensakquisitionswerkzeuges geachtet werden, um den Experten die aufwandsminierte Erstellung und Adaption des Wissens zu ermöglichen.

Bei den Techniken zur Wissensakquisition kann zwischen drei Methoden differenziert werden. Bei den indirekten Verfahren übergibt der Experte sein Know-how an einen Wissensingenieur, der die informationstechnische Umsetzung in die Beschreibungsform der Datenbasis übernimmt. Der wesentliche Nachteil des Verfahrens liegt in der Schnittstelle zwischen beiden Personen, die vielfach zu Informationsverlusten und -verfälschungen führt. Diese Problematik entfällt bei den direkten Verfahren, bei denen der Experte über eine geeignete Benutzerschnittstelle selbständig die Wissensbasis generiert, was zusätzlich eine erhebliche Aufwandsreduzierung mit sich bringt. Hierzu müssen ausgesprochen leistungsfähige und einfach bedienbare rechnergestützte Werkzeuge zur Verfügung stehen. Bei den automatisierten Verfahren wird aufgrund der Bewertung und der Übertragung von real aufgetretenen Fehlerfällen versucht, programmgesteuert neues Diagnosewissen zu erzeugen. [25]

7.6.2 Konzeptioneller Entwurf des Werkzeuges

Die direkte Form der Wissensakquisition ist die effektivste Methode für das Telediagnosesystem, da hier die Experten den vollständigen Überblick und die komplette Verantwortung für das Wissen besitzen. Zudem ist die unproblematische und schnelle Ergänzung der Datenbasis möglich, was einen besonderen Vorteil bezüglich der Aktualität darstellt. Insbesondere kann bei einer Internetfähigkeit des Akquisitionsprogramms, ein vor Ort an der Maschine tätiger Servicetechniker einen neu diagnostizierten Fehler sofort in die Wissensbasis einpflegen. Diese Informationen stehen somit allen Nutzern des Telediagnosesystems unverzüglich zur Verfügung. Die mehrfache Lösung derselben Störung, was bei der Einführung neuer Maschinengenerationen häufiger der Fall ist, wird dadurch gezielt vermieden. Zur Generierung der Wissensbasis wurde deshalb ein rechnergestütztes Akquisitionswerkzeug, zum effizienten Erwerb von Expertenwissen über die direkte Methode entwickelt.

Die strikte Trennung zwischen einem Maschinenmodell und einer realen Maschine in der Datenhaltung, ist das grundlegende Prinzip des Konzeptes. Mit dem Wissensakquisitionswerkzeug können nur Modelle von Maschinentypen erstellt werden. Die Instanzen der Modelle werden den Produktionssystemen der Kunden zugeordnet, wodurch sie zu realen Maschinen werden. Insofern handelt es sich bei einer realen Maschine um eine dynamische Instanz des Modells. Dieses Konzept bietet entscheidende Vorteile bezüglich der Adaption und der Erweiterung des Wissens, da Änderun-

gen nur an der Beschreibung des Modells vorzunehmen sind. Das Wissensakquisitionswerkzeug übernimmt die Aktualisierung für alle realen Maschinen, wodurch das neue Wissen sofort bei der nächsten Diagnose für jeden Anwender zur Verfügung steht. In der Wissensbasis lassen sich mehrere, voneinander unabhängige Modelle abspeichern, so dass verschiedene Typen in einer Datenbank ablegbar sind.

Aus der Wissensrepräsentation ergeben sich Prämissen für das Werkzeug, die aufgrund der Kompatibilität strikt einzuhalten sind. Die definierte Datenstruktur in Form hierarchischer Fehler-Ursachen-Beschreibungen muss ebenso übernommen werden, wie das Datenmodell zur physikalischen Speicherung in der Diagnosedatenbank.

Ein entscheidender Faktor beim direkten Wissenserwerb ist die möglichst einfache und effiziente Eingabe des Wissens. Der Ablauf und die Strukturierung der Dialoge orientiert sich deshalb an dem Vorgehen eines Experten bei der analytischen Problembeschreibung. Insbesondere ist eine Arbeitsweise anhand des hierarchischen Aufbaus einer Maschine und der Kette der Fehlerentstehung vorhanden.

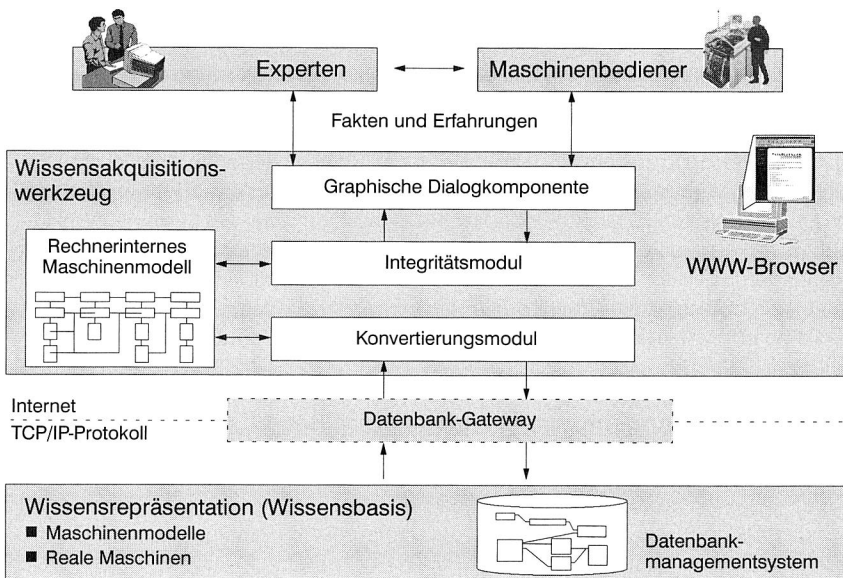


Bild 7-15: Architektur und Informationsflüsse im Wissensakquisitionsprogramm

Zur Eingabe des Wissens ist eine graphische Visualisierung notwendig. Es wurde ein Konzept gewählt, bei dem das Wissen in Form eines Baumes angezeigt wird. Diese Strukturierung eignet sich besonders zur Darstellung eines komponentenorientierten Maschinenaufbaus sowie zur Anzeige der Fehler-Ursachen-Objekte der Wissensrepräsentation. Weiterhin ist eine sehr übersichtliche Visualisierung bezüglich der hierarchischen Anordnung der einzelnen Objekte gegeben. In der Baumstruktur können

Objekte nur einen Vorgänger besitzen, wohingegen in der Wissensrepräsentation mehrere Vorgänger möglich sind. Dieses Problem der graphischen Darstellung wird behoben, indem ein entsprechendes Objekt mehrmals im Fehlerbaum als Referenz angezeigt wird, obwohl informationstechnisch nur eine Instanz vorhanden ist.

Die Korrektheit der Daten bezüglich der gegebenen Datenstruktur der Wissensrepräsentation wird durch das Integritätsmodul gewährleistet, und die Umsetzung der anwenderorientierten Form der Wissensbeschreibung in das Datenmodell der Wissensbasis wird über das Konvertierungsmodul vorgenommen.

Das Wissensakquisitionsprogramm nutzt zur Anbindung an die Diagnosedatenbank das Datenbank-Gateway. Aufgrund der Performance wirken die Anwenderoperationen in der Oberfläche nicht direkt auf die Datenbank. Vielmehr wurde ein Konzept realisiert, bei dem das Modell einer Maschine vollständig aus der Wissensbasis geladen und programmintern abgelegt wird. Die Operationen werden zunächst nur auf das interne Modell angewandt. Erst die explizite Aktivierung einer Funktion durch den Benutzer, bewirkt eine Rückübertragung des Modells in die Datenbank. Neben der Performancesteigerung kann der Anwender somit auch Änderungen einfach verwerfen, indem das Modell nicht in die Wissensbasis zurückgespeichert wird.

Wesentlich ist die möglichst frühzeitige Akquisition und Bereitstellung des Wissens bereits bei der Einführung eines Produktionssystems [159]. Vor allem in den frühen Betriebsphasen einer Maschine ist der Nutzeffekt des (Tele-)Diagnosesystems ausgesprochen hoch, da sowohl eine hohe Störungshäufigkeit gegeben als auch das Fehlerwissen der Anwender noch schwach ausgeprägt ist. Zudem trägt die frühzeitige Wissensakquisition zu einer erheblichen Rationalisierung bei der Systementwicklung bei, da zu diesem Zeitpunkt ein guter Zugriff auf das Expertenwissen der Entwickler vorhanden ist. Aufgrund der Integration der FMEA-Struktur in das Datenmodell der Wissensrepräsentation ist die Importierung vorhandenen FMEA-Wissens in die Datenbasis durch manuelle Eingaben oder über Postprozessoren möglich.

7.6.3 Programmtechnische Realisierung des Wissenseditors

Für die Realisierung des als Wissenseditor bezeichneten Programmes wurde die Sprache Java in der Version 1.2.2 und das integrierte Swing-Package 1.1 verwendet. Mit den Swing-Klassen stellt Sun Microsystems deutlich leistungsfähigere GUI-Elemente (Graphical User Interface) als im reinen AWT (Abstract Window Toolkit) zur Verfügung, so dass sich anspruchsvollere Benutzerschnittstellen generieren lassen. Der Aufruf des Wissenseditors wird über einen WWW-Browser vorgenommen und erfordert die Autorisierung des Benutzers.

Auf Basis der Wissensrepräsentation und des graphischen Visualisierungskonzeptes wurden die notwendigen Dialoge entwickelt sowie deren Informationsinhalt festgelegt. Ein wesentlicher Gesichtspunkt lag auf der ergonomischen Gestaltung der Oberflächen, mit einer klaren Strukturierung der Abläufe zur intuitiven Bedienung. Der Experte wird zudem bei der Dateneingabe durch das System unterstützt, indem dialogabhän-

gig bereits vorhandene Einträge angezeigt werden, so dass eine schnelle Auswahl und die Vermeidung von Mehrfachbeschreibungen desselben Sachverhalts möglich sind.

Prinzipiell ist eine inhaltliche Differenzierung bezüglich der Bearbeitung von Maschinenmodellen und der Definition von realen Maschinen durch Kundenzuordnung gegeben. In Anlehnung an die Vorgehensweise des Experten bei der Problembeschreibung wurden fünf Hauptfenster für die Bearbeitung von Maschinenmodellen definiert.

Im ersten Fenster strukturiert der Anwender die Maschine hierarchisch mit ihren Komponenten und Funktionen über eine beliebige Ebenentiefe. Im Anschluss an diese Beschreibung des Maschinenaufbaus wird im zweiten Dialog das Fehlerwissen erfasst. Die Eingabe erfolgt komponentenabhängig in Form einer Baumstruktur. Dabei ist ausgehend von der Maschinenstruktur bereits automatisch für jede Komponente ein Fehler-Ursachen-Objekt definiert. Die vorgelegten Objekte sind entsprechend der Maschinenstruktur hierarchisch abgebildet und werden durch einen Wurzelknoten zusammengehalten, der die allgemeine Störung der Maschine kennzeichnet.

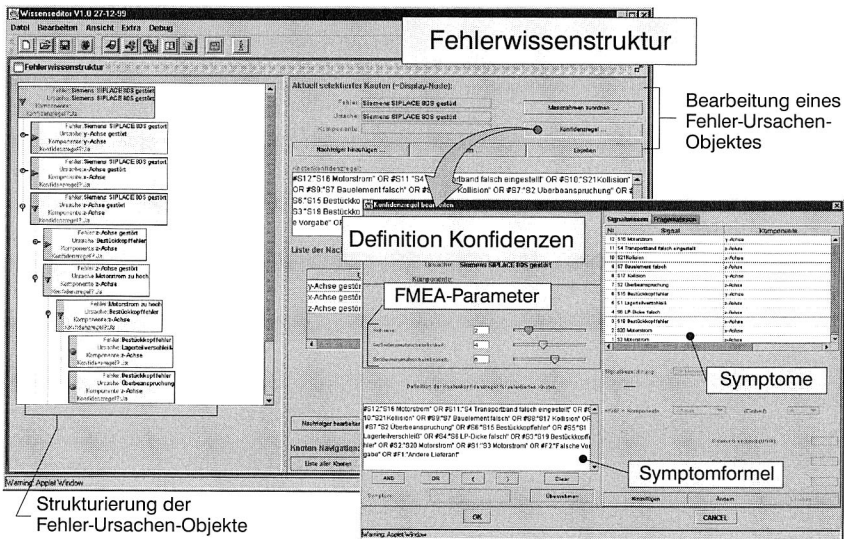


Bild 7-16: Exemplarische Anwenderschnittstelle zur systematischen Akquisition des Fehlerwissens zum Aufbau der Wissensbasis

Bei der Neuanlage eines Fehler-Ursachen-Objektes wird dieses automatisch in den Fehlergraphen eingefügt und mit seinen Vorgängern und Nachfolgern verkettet. Der Anwender kann somit sehr einfach ausgesprochen große Fehlergraphen mit komplexen Verkettungen und einer beliebig tiefen Gliederung aufbauen. Die Gliederungstiefe folgt aus der Detaillierungsmöglichkeit einer Fehlerbeschreibung, d.h. inwieweit ein Fehler sukzessive in tiefergehende Ursachen aufgespalten werden kann. Zur Sicherung der Zyklenfreiheit der Graphen wurde ein Algorithmus entwickelt und eingesetzt,

der, vor dem Einfügen eines neuen Knotens, den entstehenden Graphen auf Kreisfreiheit überprüft und den Eintrag gegebenenfalls ablehnt. Ein Fehler-Ursachen-Objekt, das von mehreren hierarchisch übergeordneten Knoten erreichbar ist, wird entsprechend oft als referenzierte Kopie nach dem jeweiligen Knoten eingehängt.

Anschließend erfolgt die quantitative Bewertung der Fehler-Ursachen-Objekte. Anzugeben sind einerseits die Nachfolgekonzidenzfaktoren und andererseits müssen die Formeln zur analytischen Berechnung der Knotenkonzidenzfaktoren definiert werden, durch die logische Verknüpfung von Signalen und Fragen. Zuletzt werden den Knotenobjekten geeignete Maßnahmen zur Fehlerbehebung zugewiesen.

Im Dialog Symptomstruktur erfolgt die direkte Bearbeitung der Symptome. Gegeben ist eine baumartige Hierarchie, in der die zu definierenden Signale oder Fragestellungen den einzelnen Maschinenkomponenten zugeordnet werden. Eine Signalbeschreibung beinhaltet insbesondere die charakterisierenden Angaben zur Symptomberechnung. Die Definition der vom Diagnoseanwender zu beantwortenden Fragen wird durch die Angabe eines kurzen Textes und einer URL vorgenommen, über die HTML-Seiten mit näheren Ausführungen im Telediagnosesystem hinterlegbar sind. Die möglichen Antworten können über symptombeschreibende Attribute vorgegeben werden.

Der vierte Dialog dient zur Verwaltung der Maßnahmen über einen beschreibenden Kurztext und eine URL-Adresse. In der referenzierten HTML-Ressource wird mit den multimedialen Mitteln des World Wide Web, die Vorgehensweise zur Fehlerbehebung detailliert beschrieben. Über den fünften Dialog können die einer Maschine zugeordneten Bilddokumente für die Whiteboard-Komponente verwaltet werden.

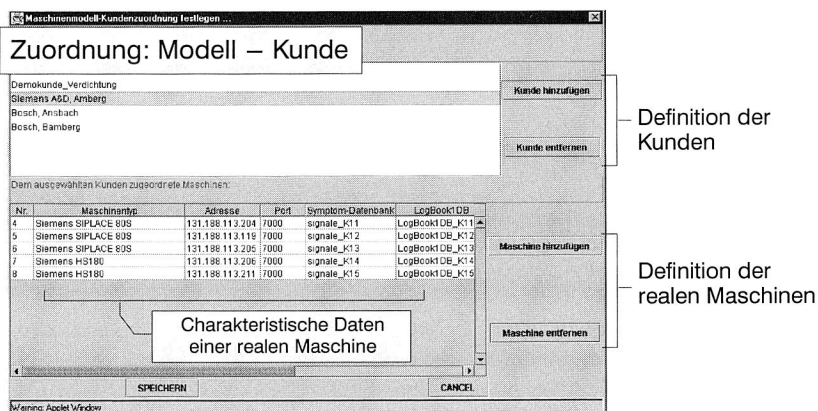


Bild 7-17: Dialog zur Zuordnung von Maschinenmodellen zur realen Maschinen

Als zweite Hauptfunktionalität übernimmt der Wissenseditor die Zuordnung der Modelle zu den realen Maschinen der Kunden über einen separaten Dialog. Der Anwender selektiert aus der gegebenen Kundenliste den gewünschten Eintrag und verknüpft diesen mit der entsprechenden Modellbeschreibung. Zusätzlich sind diverse Anga-

ben zur näheren Spezifizierung notwendig, die sich auf die IP-Adresse und die ODBC-Namen der lokalen Datenbanken des realen Systems beziehen. (Bild 7-17)

Die Aufgabe der Sicherung der Datenintegrität wird vom Wissenseditor übernommen, insbesondere bezüglich der Informationen, deren Integrität nicht durch das Datenbankmanagementsystem gewährleistet werden kann. Bei dem Aufbau eines Modells generiert die Software automatisch einen Wurzelknoten, der die allgemeine Störung der Maschine kennzeichnet. Bei der Erstellung der Fehler-Ursachen-Objekte wird sichergestellt, dass der vorgesehene Vorgänger bereits als Knoten definiert ist, da sonst das neue Objekt keine Verbindung zum bestehenden Graphen besitzen würden. Die Integrität der Symptomformel muss ebenfalls gewährleistet werden, indem die Syntax und das Vorhandensein der Symptome in der Modellbeschreibung überprüft werden. Die Mechanismen der Integritätsprüfung sichern zudem die Vollständigkeit von Löschoperationen. Die Entfernung von Objekten aus den Graphen bewirkt, dass die hierarchisch nachgelagerten Knoten ebenfalls aus der Struktur genommen werden.

7.7 Einsatz der Anwenderschnittstelle bei der Durchführung einer Telediagnose

In den vorangegangenen Ausführungen wurde das internetbasierte Diagnoseprogramm, als zentraler und bedeutendster Baustein des Telediagnosesystems, sukzessive entwickelt. Im Folgenden wird die Funktionsweise der Software aufgezeigt, anhand der Darlegung des grundlegenden Szenarios, bei dessen Anwendung im Rahmen einer Fernbetreuung.

Der Ausgangspunkt einer Telediagnosesitzung ist das in Kenntnis setzen der zuständigen Personen, von dem Auftreten eines Fehlers am Produktionssystem. Dies wird erreicht durch die Benachrichtigungskomponente, bei der die hinterlegten Anwender, beispielsweise Maschinenbediener und Serviceexperten, entsprechende Meldungen erhalten. In Abhängigkeit diverser Randbedingungen, wie dem derzeitigen Standort, erfolgt eine Anzeige im WWW-Browser, das Versenden von Emails an elektronische Postfächer oder von SMS-Nachrichten an Mobilfunktelefone. Der Anwender aktiviert daraufhin das Diagnoseprogramm mit einem javafähigen WWW-Browser, über den zugeordneten Hyperlink auf der Homepage des Telediagnosesystems. Entsprechend der in Kapitel 4.3.1 vorgestellten Einsatzszenarien kann der Maschinenbediener eigenständig oder in Kooperation mit den Experten der Hersteller die Problemlösung vornehmen, wozu jeder Teilnehmer einen eigenen Diagnoseclient in seinem Browser starten muss. Im Anschluss an die Anmeldung beim System werden die spezifischen Berechtigungen des Anwenders gesetzt, das Diagnoseprogramm über das Internet auf den lokalen Rechner geladen und automatisch aus dem Browser heraus gestartet.

In einem Auswahl-dialog werden dem Benutzer die Maschinen zur Verfügung gestellt, für die Zugriffsrechte vorhanden sind. Nach der Selektion des gewünschten Eintrags kontaktiert das Programm zunächst das zu analysierende Produktionssystem über das Internet und lädt die aktuellen Maschinen- und Prozessdaten aus dessen Zu-

standsdatenbank. Weiterhin wird das Expertenwissen für den aktuellen Maschinentyp über eine weitere Internetverbindung aus der Diagnosedatenbank des Telediagnose-servers geladen und in der internen Datenstruktur des Programmes abgelegt, aus der mit einem Algorithmus der Fehlergraph generiert wird. Dem Anwender präsentiert sich das Hauptfenster des Diagnoseprogrammes, mit der visuellen Darstellung des Fehlergraphen im linken und den Inferenzstrategien bzw. deren Ergebnissen im rechten Bereich (siehe Bild 7-18).

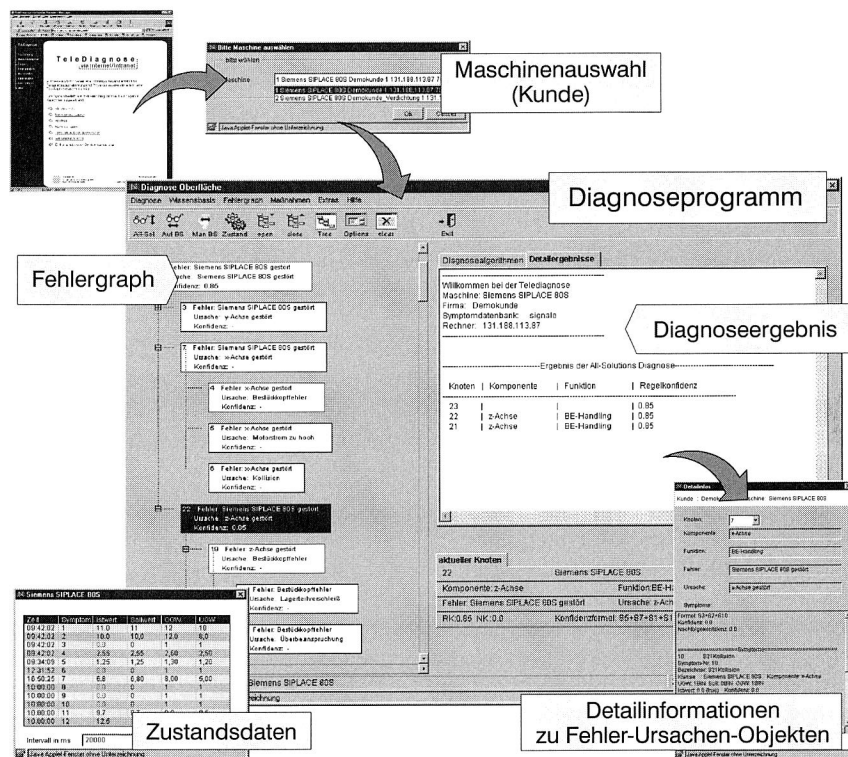


Bild 7-18: Szenario beim Einsatz des internetbasierten Diagnosesystems

Zur Problemlösung aktiviert der Bediener eine der drei Problemlösungsstrategien. Die Methoden führen zunächst die Berechnung der Symptome durch, aus den gegebenen Signalen und aus den Eingaben des Benutzers auf spezielle Fragestellungen. In Abhängigkeit der gewählten Strategie erfolgt anschließend die Ermittlung der wahrscheinlichsten oder der möglichen Fehlerursachen. Das Diagnoseergebnis wird dem Anwender textuell dargelegt und visuell im Fehlergraphen angezeigt. Weiterhin ist eine ausführliche Erklärung der Vorgehensweise und die detaillierte Begründung des Resultates vorhanden. Speziell für die manuelle Methode "Best Solution (manuel)" sind

zusätzliche Dialoge verfügbar, in denen Detailinformationen zum Fehlerwissen, zur Symptomberechnung und zu den verschiedenen Konfidenzfaktoren angezeigt werden, so dass der Anwender bei der Entscheidungsfindung fundiert unterstützt wird.

Zur Durchführung der gezielten Eingriffe für die Fehlerbehebung ist zu jeder Diagnose eine korrespondierende Maßnahme im Telediagnosesystem, mit der detaillierten Beschreibung der Vorgehensweise, in Form einer WWW-Ressource hinterlegt. Durch diese elektronische Dokumentation, mit dem Einsatz von netzwerkfähigen Internet-technologien, können sehr wirkungsvolle Ergänzungen, wie Bildinformationen, Audio- und Videosequenzen von zu untersuchenden Maschinenteilen oder von Reparaturvorgängen in die Beschreibungen eingebracht werden. Insbesondere vor dem Hintergrund von sprachlichen Eindeutigkeitsproblemen bei der Telediagnose, stellt dies eine ausgesprochen effiziente Unterstützung dar. Eine Vielzahl von Textverarbeitungssystemen unterstützt bereits die Erstellung multimedialer Dokumente im benötigten Format, zudem existieren spezielle Softwarepakete zur einfachen Generierung der entsprechenden WWW-Dateien. Die Maßnahmen stehen an jedem internetfähigen Computer zur Verfügung, wobei die multimedialen Fähigkeiten moderner, standardisierter Rechner- und Softwaresysteme zur Abspielung von Video- und Audiosequenzen nutzbar sind. Somit stehen für den Maschinenbediener leistungsfähige Vorgehensbeschreibungen zum Abruf bereit.

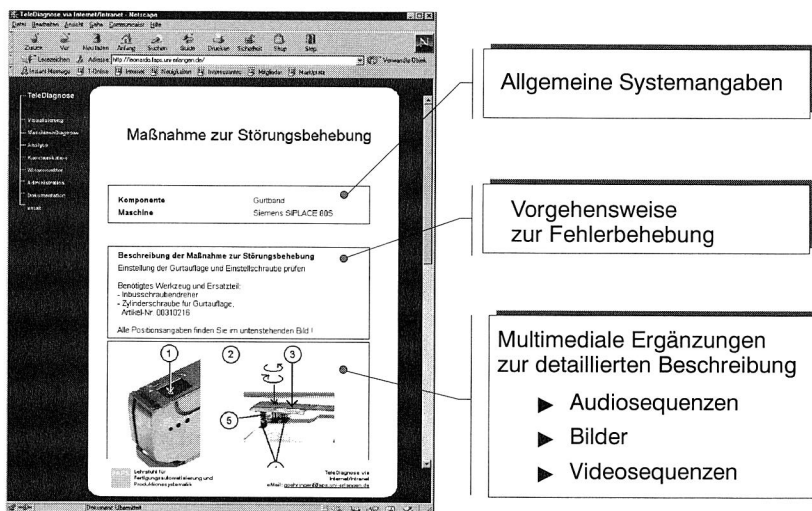


Bild 7-19: Bereitstellung multimedialer Ressourcen zur Beschreibung der Maßnahmen zur Fehlerbehebung

Das dargelegte Einsatzszenario stellt einen beispielhaften Ablauf dar, der Variationen in den einzelnen Schritten erlaubt. Zusätzlich ist eine Unterstützung der Problemlösung durch die Visualisierungsprogramme des Telediagnosesystems möglich.

8 Konzeption und Implementierung des Data-Mining-Programmes zur Systemoptimierung mit gesicherten Basisinformationen

Die rechnergestützte Protokollierung und Analyse der realen Produktionsdaten zielt auf die Erhöhung der Technischen Verfügbarkeit, durch die effiziente Unterstützung der Telediagnose ab. Im Vordergrund steht die Erkennung von Verbesserungspotentialen zur präventiven Fehlervermeidung sowie die Optimierung der Wissensbasis zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Problemlösungsstrategien.

Das Telediagnosesystem wurde hierzu um den Prototypen eines Data-Mining-Programmes erweitert, das als PAP (Produktionsdaten-Analyse-Programm) bezeichnet wird und gesicherte Basisinformationen zur Entscheidungsfindung bereitstellt.

Die Grundlage jeder Analyse sind aussagekräftige Daten im notwendigen Detaillierungsgrad. Ein Verdichtungsprogramm übernimmt die Aufbereitung, Reduktion und Archivierung der am Produktionssystem erfassten Daten. Das Data-Mining-Programm realisiert auf Basis dieser Produktionshistorie die Anwendung von Analyseverfahren, mit der Möglichkeit zur parallelen Betrachtung global verteilter Maschinen.

In den folgenden Ausführungen werden zunächst die prinzipiellen Aspekte des Data Mining angesprochen sowie das übergreifende Gesamtkonzept zur internetbasierten Datenverarbeitung und -analyse entwickelt. Anschließend wird näher auf das Verdichtungsprogramm und das Data-Mining-Werkzeug eingegangen.

8.1 Grundbegriffe und Grundlagen des Data Mining

Begriffsbestimmung und Bestandteile

Das Data Mining ist eine Technologie, mit der man der Herausforderung der Analyse sehr großer Datenmengen begegnen kann. In der Literatur sind für den Begriff unterschiedliche Definitionen vorhanden. In Anlehnung an die pragmatische Begriffsformulierung in [38], wird Data Mining als die rechnergestützte Extraktion von impliziten, bislang unbekanntem Wissen, aus sehr umfangreichen Datenmengen verstanden. Das Ziel des Data Mining liegt vornehmlich im Finden von Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Faktoren, die menschlichen Experten, aufgrund der komplexen Informationsverflechtung in großen Datenbeständen, verborgen bleiben.

Mit intelligenten Algorithmen, die in Rechnersystemen ablaufen, können sehr große Datenmengen effizient durchforstet und unbekannte Muster aufgedeckt werden. Allerdings ist nur der Anwender, mit seinen menschlichen Fähigkeiten in der Lage, die problembezogene Zusammenstellung der Datenmengen und die Interpretation der Ergebnisse zu übernehmen. Der Prozess des Data Mining ist demzufolge nur begrenzt automatisierbar [38].

Das Data Mining kann Fragestellungen aus den Bereichen Prognose, Segmentierung, Klassifikation und Assoziationsanalyse bearbeiten [38]. Für die Durchführung des Data Mining werden klassische Verfahren der Statistik sowie neuere Methoden der Künstlichen Intelligenz verwendet. Vielfach eingesetzt werden Neuronale Netze, Entscheidungsbäume, Segmentierungs- und Regressionsanalysen sowie regelbasierte Verfahren [38][89]. Allerdings ist keine Methode universell für alle Problemstellungen geeignet, sondern es muss eine aufgabenbezogene Auswahl erfolgen.

Der bedeutendste Einsatzbereich des Data Mining ist aktuell bei betriebswirtschaftlichen Problemstellungen gegeben, z.B. im Marketing zur Segmentierung von Kunden in Gruppen, um somit ein differenziertes und zielgruppenorientiertes Ansprechen zu ermöglichen. Das Data Mining wird jedoch auch in anderen Anwendungsfeldern eingesetzt, wie bei Telekommunikations- und Kreditkartenunternehmen zur Aufdeckung des Missbrauchs ihrer Dienstleistungen [99], oder im medizinischen Sektor zur Ermittlung unbekannter Faktoren, die das Herzinfarktrisiko erhöhen [77] sowie im technischen Bereich zur Bestimmung qualitätsbeeinflussender Produktionsparameter.

Prozessstationen und Architekturüberlegungen

Die Extraktion verborgenen Wissens aus großen Datenbeständen ist ein mehrstufiger Prozess. In Anlehnung an [38][89][73] können im wesentlichen die in Bild 8-1 dargestellten und nachfolgend beschriebenen Prozessschritte aufgezeigt werden.

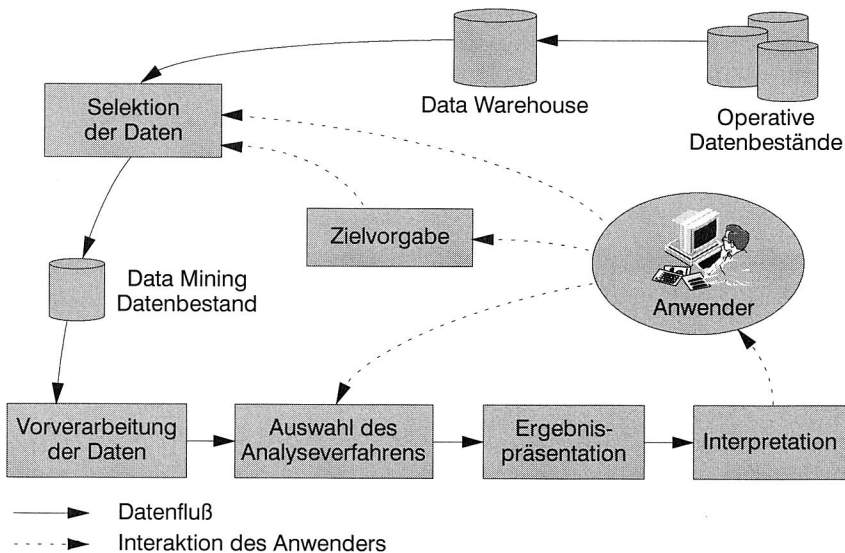


Bild 8-1: Stationen im Data Mining Prozess

Ausgangspunkt des Data Mining ist eine konkrete Fragestellung des Anwenders als Zielvorgabe. Daraufhin erfolgt die Festlegung und Selektion der benötigten Daten für

die Analyse aus verschiedenen Quellen sowie deren Vorverarbeitung in der Art, dass sie in geeignete Formate, Sortierungen usw. gebracht werden. Ausgehend von der Problemstellung wird danach eine Analysemethode ausgewählt und eingesetzt. Auf Basis einer anschaulichen Präsentation der Ergebnisse, übernimmt der Anwender deren Interpretation, mit Bezug auf die betrachtete Problemstellung, und extrahiert somit das gefundene Wissen. In den einzelnen Prozessschritten sind dabei, in Abhängigkeit der Ergebnisse Änderungen vorzunehmen, z.B. bezüglich der gewählten Datenbasis.

In einem Data Warehouse werden nutzungsgerecht aufbereitete Daten aus verschiedenen operativen Datenquellen in einer abgekapselten Datenbank zusammengefasst. Auf diesem entkoppelten Datenbestand laufen die Data Mining Prozesse ab. Die durch das Data Warehouse geschaffene Trennung zwischen den operativen und den zur Analyse genutzten Daten bietet entscheidende Vorteile. Die operativen Datenbanken werden nicht durch den hohen Ressourcenbedarf beim Data Mining belastet. Zudem können aus den entkoppelten Datenbanken unwichtige Einträge entfernt sowie die Ergebnisse einer Data Mining Operation hinzugefügt und für weitere Analysen genutzt werden. [73]

8.2 Gesamtkonzept und Nutzen des Data-Mining-Programmes

Entwicklung des übergreifenden Konzeptes

Der grundlegende konzeptionelle Ansatz für das Gesamtsystem zur internetbasierten Datenverarbeitung und -analyse, sieht eine Trennung in zwei eigenständige Programme vor, die jeweils optimal für ihr Aufgabenspektrum und ihren Anwendungsbereich ausgelegt sind. Das Verdichtungsprogramm generiert eine umfassende Datenbasis bezüglich der Produktionshistorie und das Data-Mining-Werkzeug übernimmt dessen zielorientierte Analyse. Der Aufbau und der Informationsfluss des Gesamtsystems ist in Bild 8-2 dargestellt.

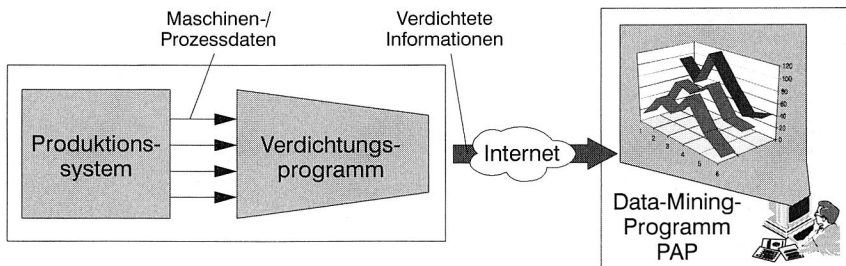


Bild 8-2: Gesamtkonzept des Data-Mining-Programmes PAP mit der Basisfunktionalität zur Datenverdichtung an verteilten Produktionssystemen

Entscheidend für die Aussagekraft der Ergebnisse des Data Mining ist die Datenbasis, auf die die Operationen angewandt werden. Diese muss ein sehr detailliertes Abbild der Maschine und deren Prozesse zur Verfügung stellen.

Bei komplexen Produktionssystemen ist eine hohe Anzahl von Signalen von Bedeutung, die mit den Prozessen und Maschinenkomponenten korrelieren. Die entsprechenden Daten werden über die spezifische Maschinenschnittstelle des jeweiligen Produktionssystems erfasst und in einer Datenbank abgelegt. Zur Begrenzung der Datenmenge, die notwendig ist aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit von physikalischem Speicherplatz, wird eine geeignete Reduktion des Datenvolumens durch das Verdichtungsprogramm vorgenommen. Die Kumulierung generiert aus den kontinuierlichen Signaldaten neue, höherwertige Informationen, ohne die Aussagequalität bezüglich relevanter Fragestellungen der Telediagnose entscheidend zu reduzieren, und legt diese datenbankbasiert in geeigneten Strukturen ab.

Es stehen somit nicht nur Informationen über das Auftreten eines Fehlers zur Verfügung, wie sie in Betriebs- und Maschinendatenerfassungssystemen vorhanden sind, die lediglich eine Aussage über Häufigkeit und Dauer der Fehlerzustände erlauben, sondern es sind darüber hinaus, die für das Data Mining im Telediagnosesystem wichtigen Informationen über das Systemverhalten im gesamten Einsatzzeitraum verfügbar. Somit können die Fehlersituationen sehr detailliert analysiert und die Produktionshistorien nach interessanten Zusammenhängen durchsucht werden, die Aussagen über systematische Problemschwerpunkte der Maschinen und ihrer Prozesse ermöglichen. Dazu sind auf die kumulierten Daten, entsprechend der gegebenen Problemstellung, geeignete Sichten definierbar, die von den Stellen im Unternehmen erzeugt und analysiert werden, die eine effiziente Nutzung und Umsetzung der gewonnenen Ergebnisse in entsprechende Maßnahmen vornehmen können.

Das Verdichtungsprogramm stellt hohe Anforderungen an die Rechenleistung, die Speicherkapazität und die Zugriffsgeschwindigkeit auf Datenbanken. Aus diesen Gründen werden die entsprechenden Aufgaben direkt an einem separaten Rechner an der Maschine durchgeführt. Zudem wird die Datenübertragung über die begrenzten Bandbreiten des Internets auf das Notwendigste reduziert, da für das Data-Mining-Programm in der Regel nur ein Ausschnitt aus der Datenbasis erforderlich ist.

Mit dem Data-Mining-Programm PAP wird primär das Ziel verfolgt, die Transparenz bei den global verteilten Produktionssystemen eines Herstellers zu erhöhen, indem Werkzeuge zur umfassenden Analyse des Maschinen- und Prozessverhaltens zur Verfügung gestellt werden. In Abhängigkeit des Einsatzbedarfs unterstützt die Software sowohl die Analyse einer einzelnen Maschine als auch die gleichzeitige Betrachtung verteilter Maschinen. Insbesondere durch die vergleichende Auswertung der Produktionshistorien verschiedener Maschinen, stehen für den Hersteller sehr umfassende Informationen aus dem Feldeinsatz, und somit eine fundierte Datenbasis zur Verfügung. Das internetfähige Data-Mining-Programm wird auf Clientrechnern ausgeführt, so dass zum Ablauf der Analysealgorithmen die lokalen Ressourcen genutzt werden.

Eine sehr sinnvolle Erweiterung des Konzeptes wäre darin zu sehen, neben den kumulierten Produktionsdaten weitere Datenbestände in ein speziell hierfür aufzubauendes Data Warehouse mit aufzunehmen. Insbesondere die Integration von Informationen aus Qualitätsmanagement- sowie Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen

(PPS) würden Synergieeffekte erzeugen. Der Datenbestand dieses Data Warehouse könnte dann die Grundlage für das Data-Mining-Programm bilden.

Darstellung der Nutzungspotenziale für die Anwendergruppen

Die Anwendung der Data-Mining-Software des Telediagnosesystems bietet sowohl bei der unternehmensübergreifenden Betreuung von Produktionssystemen durch den Hersteller, dem hauptsächlich vorgesehenen Einsatzgebiet, als auch bei der internen Verwendung im Unternehmen interessante Nutzungspotenziale (Bild 8-3). Diese sollen im folgenden für beide Einsatzszenarien der Software aufgezeigt werden.

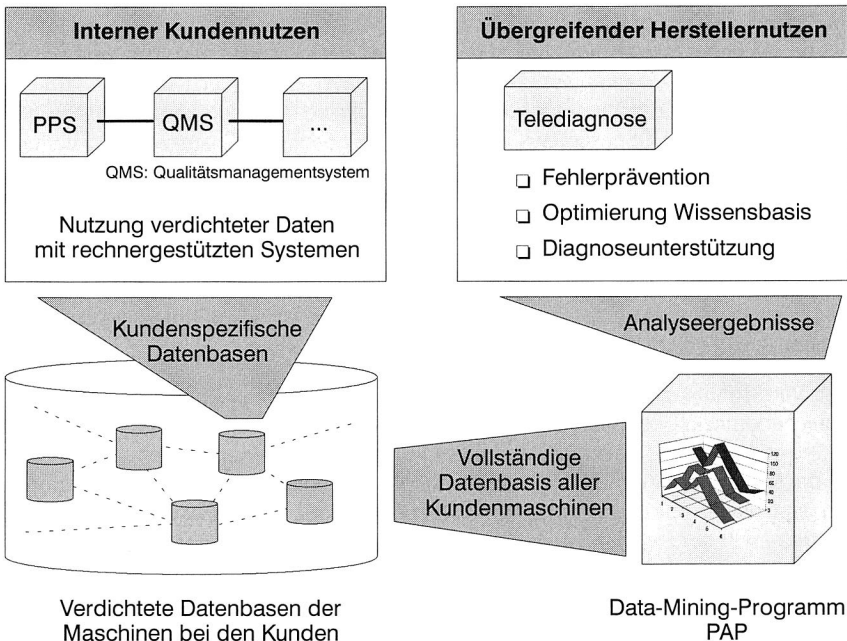


Bild 8-3: Nutzungspotenziale des Verdichtungs- und Data-Mining-Programmes für die Hersteller und die Anwender der Produktionssysteme

Detaillierte und aussagekräftige Analysen der beim weltweiten Einsatz der Produktionssysteme protokollierten Daten, sind für den Hersteller eine zuverlässige Grundlage zur Anwendung ganzheitlicher Optimierungsmaßnahmen, die sowohl auf das Telediagnosesystem als auch auf die Maschinen wirken können. Vor allem durch die kommunikationstechnische Anbindung der Produktionssysteme an das globale Medium des Internets, können mit dem netzwerkorientierten Data-Mining-Programm PAP, die verdichteten Datenbasen mehrerer Systeme parallel ausgewertet werden, so dass der Zugriff auf ausgesprochen umfangreiche und fundierte Informationen aus dem Feldeinsatz gegeben ist.

Das Data-Mining-Programm findet im Rahmen der Telediagnose drei grundsätzliche Einsatzschwerpunkte, die zur Steigerung der Technischen Verfügbarkeit und des Gesamtnutzungsgrades beitragen.

Die effizienteste Methode zur Optimierung von Produktionssystemen, bezüglich Aufwand und Nutzen, liegt in der Vermeidung von Fehlern durch präventive Maßnahmen, die eine zuverlässigere und sicherere Ausführung der Prozesse gewährleisten. Insbesondere bei Fehlern mit einer hohen Auftrittshäufigkeit und Behebungsdauer ist eine deutliche Reduzierung der technischen Ausfallzeiten erreichbar. Durch geeignete Analysen werden diese Schwachstellen lokalisiert, und in Verbindung mit weiterführenden Informationen über die Ursachen sowie die genaue Kenntnis der Signalverläufe im Betrachtungszeitraum weiter untersucht. Durch diese Verknüpfung der Fehler-Ursachen-Beziehungen mit der Produktionshistorie ergeben sich effiziente Synergieeffekte, aus denen sich aussagekräftige Informationen extrahieren und relativ einfach geeignete Maßnahmen ableiten lassen.

Aus den Produktionshistorien können neue Informationen für die Wissensbasis des Diagnosesystems gewonnen werden. Auf der einen Seite lassen sich neue Fehler-Ursachen-Beziehungen extrahieren oder die bestehende Informationsstruktur durch neue Erkenntnisse verfeinern. Auf der anderen Seite ist der Nutzen für die Erstellung oder die Verbesserung der Symptomformeln von Fehler-Ursachen-Objekten von hoher Bedeutung, da aus dem realen Maschineneinsatz fundierte Aussagen über die Signalverläufe während des Auftretens interessanter Zustände vorliegen.

Die verfügbarkeitsmindernde Wirkung einer technischen Störung wird wesentlich durch die Zeitdauer bestimmt, die während der Diagnose zur Identifikation der Ursache benötigt wird. Durch das Telediagnosesystem kann hier eine deutliche Reduzierung erreicht werden, indem die Kenntnis über den exakten Verlauf von Maschinen- und Prozessdaten, in Verbindung mit dem rechnergestützten Diagnoseprogramm, zur Fehlerbehebung genutzt wird. In vielen Fällen liefert der Datenverlauf dem Experten wertvolle Hinweise über die Störungsentwicklung, so dass sich gezielt Fehler-Ursachen-Beziehungen bei der Problemlösung verifizieren oder bestimmte Ursachen und somit Bereiche der Wissensbasis direkt ausschließen lassen.

Die verdichteten Datenbestände und die Möglichkeit zur differenzierten Analyse können auch für andere rechnergestützte Systeme, die intern im Unternehmen eingesetzt werden, eine interessante Informationsquelle darstellen. Vor allem Werkzeuge, die in der Planungsebene und im operativen Bereich angesiedelt sind, können von den verdichteten Daten profitieren, was nachfolgend an zwei Beispielen aufgezeigt wird.

In Verbindung mit Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen oder Leitständen kann eine Unterstützung bei der optimalen Ausnutzung der Maschinen geleistet werden. PPS-Systeme realisieren die Einplanung von Aufträgen lediglich anhand von Kapazitäts- und Leistungsaspekten der Ressourcen. Mit dem Data-Mining-Programm PAP können die verdichteten Daten analysiert werden, und in die Planungsaufgaben dynamische Angaben über die tatsächliche Verfügbarkeit der Produktionssysteme mit einfließen, so dass eine Verbesserung der Planungsgenauigkeit möglich ist.

Eine nutzbringende Wechselwirkung ist zwischen der Telediagnose und der Qualitätssicherung gegeben [46][30][45], die durch den gegenseitigen Zugriff auf die Datenbestände eine signifikante Verbreiterung der Informationsbasis erfahren können. Zur Diagnose sind gegebenenfalls produktbezogene Parameter aus der Qualitätssicherung ausgesprochen konstruktive Hinweise zur Problemlösung. Im unternehmensinternen Einsatz des Telediagnosesystems kann die Verschmelzung mit einem Qualitätsmanagementsystem in der Art erfolgen, dass in die Wissensbasis zusätzlich Informationen über das zu fertigende Produkt und die ermittelten Qualitätsparameter integriert werden. Für das Qualitätsmanagementsystem sind dahingegen Angaben über Art und Zeitpunkt aufgetretener Fehler von Bedeutung, da in diesen Zeitbereichen die Ursachen einen signifikanten Einfluss auf qualitätsrelevante Parameter besitzen können.

8.3 Programm zur Verdichtung von Maschinen- und Prozessdaten

8.3.1 Grundlegendes Funktionsprinzip der Verdichtung

Das Verdichtungsprogramm übernimmt die sukzessive Kumulierung der Einsatzdaten von Produktionssystemen nach vordefinierten Kriterien sowie die systematische Archivierung der generierten Informationen in Datenbanken. Bei der Reduktion des Datenvolumens wird im besonderen beachtet, dass die Aussagequalität der Informationen bezüglich interessanter Fragestellungen des nachgeschalteten Data Mining Prozesses, nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt wird.

Das grundlegende Funktionsprinzip der Verdichtung, mit den beteiligten Komponenten und den internen Informationsflüssen, ist in Bild 8-4 dargestellt. Das Produktionssystem übernimmt die Rolle des Datenerzeugers. Über dessen spezifische Maschinenschnittstelle werden die Maschinen- und Prozessdaten kontinuierlich in der Datenbank LogbookDB abgespeichert. Im Gegensatz zur Zustandsdatenbank, die nur eine Momentaufnahme des Systemzustandes beinhaltet, da die gespeicherten Daten permanent von neuen Werten überschrieben werden, ist in der Datenbank LogbookDB ein fortlaufender Ausschnitt aus der Produktionshistorie vorhanden, da die neuen Werte an die bestehenden Einträge angehängt werden.

Auf den Datenbestand des Logbuches eines Produktionssystems setzen die Verdichtungsprozesse auf, die im sogenannten Datenverdichter ablaufen. In der Verdichtungssteuerungsdatenbank CondenseDB sind die Eingangsgrößen für die Verdichtungsprozesse hinterlegt. Insbesondere sind hier Verdichtungsklassen definiert, die die Kriterien für die Aufbereitung und Reduktion der Daten beschreiben. In einer Klasse ist der Zeitraum angegeben, über den die Signaldaten im Logbuch zunächst gesammelt und nach Ablauf der Periode vom Datenverdichter kumuliert werden. Die Verdichtungsperioden können frei festgelegt werden, z.B. sind 1-Stunden-, Tages- oder Wochenverdichtungen möglich. Weiterhin beinhalten die Verdichtungsklassen Angaben über die qualitative Güte und das quantitative Ausmaß der Kumulierung.

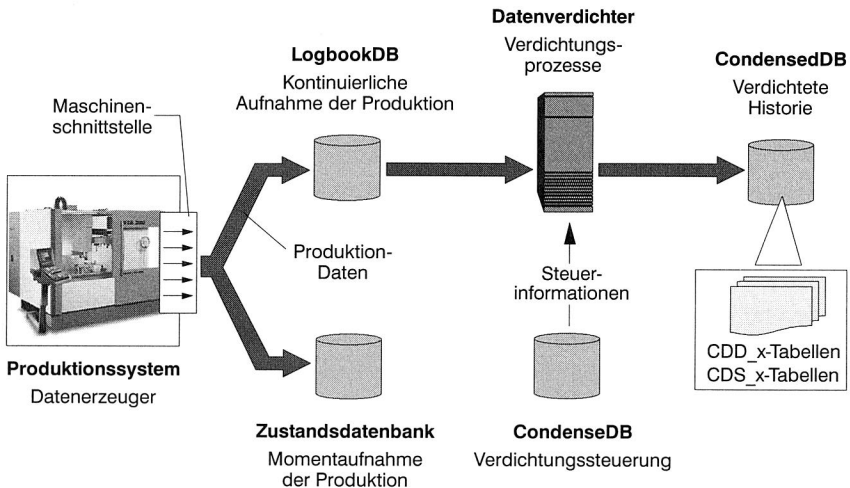


Bild 8-4: Funktionsprinzip des Verdichtungsprogrammes

Nach dem Ablauf einer in der Datenbank CondenseDB festgelegten Verdichtungsperiode übernimmt der Datenverdichter die Aufbereitung und Reduktion der in diesem Zeitraum im Logbuch angefallenen Daten. Die algorithmisch ermittelten Resultate werden vom Verdichter in der Ergebnisdatenbank CondensedDB abgelegt, wobei für jede Periode zwei neue Tabellen erzeugt werden. In der einen Tabelle sind die summarischen Resultate abgespeichert, die vornehmlich für statistische Zwecke nutzbar sind, und in der anderen Tabelle werden die komprimierten Ergebnisse abgelegt. Die Bezeichnungen der Tabellen setzen sich aus dem Präfix CDD bzw. CDS, und einem eindeutigen numerischen Identifikation für die Laufnummer der Verdichtung zusammen.

Zur Vermeidung von Qualitätsverlusten in der Aussagekraft der kumulierten Daten, setzen die Verdichtungen nicht aufeinander auf. Dies bedeutet, es werden keine Verdichtungen auf bereits kumulierte Daten vorgenommen, sondern es wird stets mit den ursprünglichen Quelldaten gearbeitet. Deshalb werden bei einem Verdichtungsdurchlauf alle Verdichtungsklassen, unabhängig vom Ablauf ihrer jeweiligen Zeitperiode, parallel behandelt, da die bearbeiteten Datenbereiche in der Datenbank LogbookDB somit schnell gelöscht und das Datenvolumen reduziert werden kann. Die Verdichtungen für die Klassen mit längeren Verdichtungszeiträumen werden demzufolge in mehreren Teilschritten durchgeführt.

Den Kern des Verdichtungsprogrammes bilden ereignisgesteuerte Algorithmen zur Verarbeitung der Logbuchdaten im Datenverdichter. Als Ereignis wird hier das Auftreten einer bestimmten Konstellation, in der zeitlichen Abfolge der archivierten Daten eines Signals definiert. Als Signale werden in diesem Zusammenhang Daten bezeichnet, die den Zustand eines Produktionssystems charakterisieren und über einen Datenkanal erfasst werden. Zum einen sind dies Maschinen- und Prozessdaten, die

in Abhängigkeit ihrer Ausprägung in digitale und analoge Signaltypen gegliedert werden. Zum anderen sind dies Zustandsdaten zur Beschreibung der Fehlermeldungen und der Stati (Produktion, Wartung usw.) eines Produktionssystems, für die der Signaltyp Status vorgesehen ist. Die Klassifizierung in diese drei Typen ist für die Ereignisverarbeitung notwendig, da in Abhängigkeit dieser Einteilung differenzierte Ereignisse zu definieren und verarbeiten sind.

Die Ereignisse sind im Zusammenhang mit analyserelevanten Werten der Signalverläufe zu sehen und können problemspezifisch definiert werden. Bei analogen Signalen sind vor allem statistische Angaben über das Minimum und Maximum oder die Überschreitung von Grenzwerten der aufgezeichneten Daten von Interesse. Für digitale Signale sind vorwiegend Ereignisse zur Erfassung der Pegelwechsel, und für statusorientierte Signale geeignete Beschreibungsformen für die einzelnen Zustände von Bedeutung. Entscheidend bei der Festlegung der Ereignisse ist, dass eine gezielte Datenreduktion ermöglicht wird, die die essentiellen Aussagen aus den Signalen extrahiert, ohne dass für das Data Mining ein Informationsverlust resultiert.

Prinzipiell betrachtet, durchsuchen die Algorithmen während des Verdichtungsprozesses separat jeden einzelnen Signalverlauf, nach dem Auftreten der zuvor definierten Ereignisse. Die Identifikation eines Ereignisses führt zu dessen Protokollierung in den Tabellen der Ergebnisdatenbank CondensedDB.

In der Verdichtungssteuerungsdatenbank CondenseDB sind, neben der Definition der Ereignisse, zwei weitere Punkte für die Anwendung der Analysen von Bedeutung. In einer Tabelle werden die einzelnen Verdichtungsklassen hinterlegt, mit genauen Angaben über Beginn und Dauer der Verdichtung sowie über den Zustand dieses Prozesses. Die abgeschlossenen Verdichtungen werden in Form eines Inhaltsverzeichnisses mit den notwendigen Angaben in einer weiteren Tabelle der Verdichtungssteuerungsdatenbank abgespeichert, aus deren Einträgen auch eine eindeutige Zuordnung zu den kumulierten Tabellen in der Ergebnisdatenbank CondensedDB gegeben ist.

8.3.2 Implementierung der Softwaremodule zur Durchführung der Verdichtung

Die Algorithmen des Verdichtungsprogrammes beanspruchen bei der Durchführung der Verdichtungsprozesse eine hohe Rechenleistung. Zudem ist, in Abhängigkeit der Anzahl der Signale, des Zeitintervalls zwischen zwei Erfassungszeitpunkten und der parametrisierten Verdichtungsklassen, eine hohe Speicherkapazität in Datenbanken notwendig. Aufgrund dieser Aspekte wird das Verdichtungsprogramm nicht direkt auf der Maschine, sondern auf einem separaten Rechner ausgeführt, und die datentechnische Koppelung beider Systeme über das LAN und das TCP/IP-Protokoll realisiert.

Die Implementierung des Verdichtungsprogrammes erfolgte als Applikation in der Sprache Java der Version 1.1.6. Dies eröffnet die Möglichkeit zur weitgehend freien Nutzung eines Rechner- und Betriebssystems, da lediglich eine Java Virtual Machine zur Programmausführung erforderlich ist, die für die gängigen Systeme verfügbar ist.

Unter dem Betriebssystem Windows NT lässt sich das Verdichtungsprogramm als Dienst integrieren und die notwendigen Prozesse können zu den vorgegebenen Intervallen im Hintergrund ausgeführt werden.

Zur Parametrierung der Verdichtungssteuerungsdatenbank CondenseDB wurde eine weitere Anwendung entwickelt. Diese kann standortunabhängig vom Anwender genutzt werden, insbesondere von einem Experten des Herstellers, zur Einstellung der Eingangsgrößen der Verdichtungsprozesse. Die programmtechnische Realisierung wurde als Applikation (Bild 8-5) in der Sprache Java der Version 1.2.2 vorgenommen. Die Aktivierung erfolgt durch die Anwahl des entsprechenden Hyperlinks auf der Homepage des Telediagnoseservers mit einem javafähigen Browser. In Abhängigkeit der persönlichen Rechte erhält der Anwender nach dem Login-Vorgang den Zugriff auf die für ihn zur Parametrierung freigegebenen Maschinen.

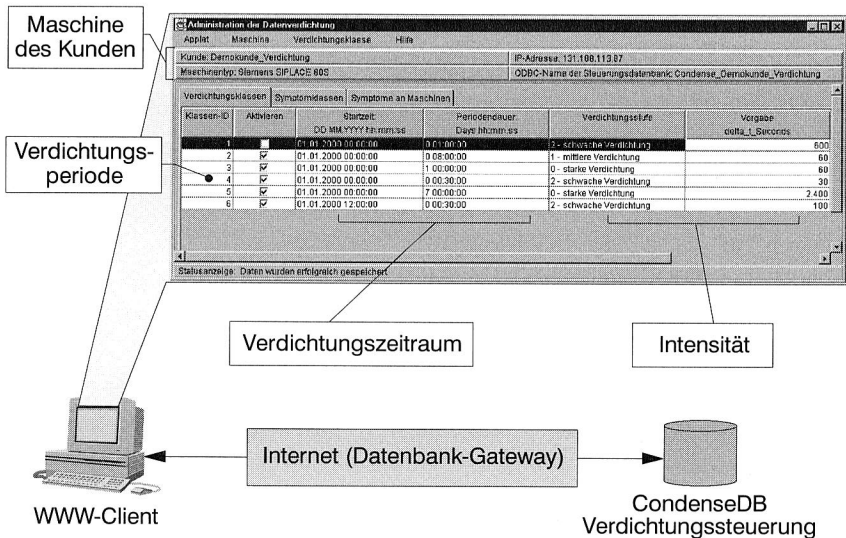


Bild 8-5: Anwenderschnittstelle zur Parametrierung der Verdichtungssteuerung

Für die Speicherung der Informationen des Verdichtungsprogrammes in Datenbanken wurde das relationale System Microsoft Access 7.0 genutzt. Zum netzwerkorientierten Zugriff der Verdichtungsprozesse und des Parametrierungsprogramms auf die Datenbestände wird das Datenbank-Gateway des Telediagnosesystems eingesetzt, mit dem Informationsaustausch auf Basis von TCP/IP-Sockets und der JDBC/ODBC-Bridge zur Ankoppelung des Datenbanksystems.

8.4 Data-Mining-Programm zur Generierung neuen Wissens

8.4.1 Konzept der prototypischen Realisierung

Das Data-Mining-Programm PAP stellt eine Plattform zur Anwendung von verschiedenen Analyseverfahren auf die verdichteten Datenbestände von global verteilten Produktionssystemen dar. Zielsetzung ist die Bereitstellung einer gesicherten Informationsbasis für die Entscheidungsträger, zur Einleitung von Optimierungsmaßnahmen.

Für das Data Mining der Produktionshistorien sind je nach Anwendungsfall verschiedene Analyseverfahren zur Extraktion der relevanten Informationen einsetzbar. Für die diagnosebezogenen Fragestellungen sind vor allem fundierte Aussagen über die Zustände der Produktionssysteme sowie zielgerichtete Hinweise zur Verbesserung der Wissensbasis von Bedeutung. Für den Prototypen des Data-Mining-Programmes wurden folgende Analysen umgesetzt:

- ☐ **Signalverlauf**
Darstellung des Verlaufes von Prozess- und Maschinensignalen in frei wählbaren Zeiträumen. Dies ist kein Analyseverfahren im engeren Sinn, sondern dient vornehmlich zur Unterstützung der Problemlösung bei der Diagnose.
- ☐ **Prozesswertanalyse**
Statistische Ermittlung von Grenzwertverletzungen sowie maximaler, minimaler und durchschnittlicher Werte der analogen und digitalen Signale.
- ☐ **Zustandsanalyse**
Analyse der Statusinformationen einer Maschine, mit der Ableitung der Kennwerte zur Ermittlung von Technischer Verfügbarkeit und Gesamtnutzungsgrad.
- ☐ **Fehleranalyse**
Detaillierte Auswertung der Fehlerzustände eines Produktionssystems.
- ☐ **Fehler-Symptom-Analyse**
Analyse des Einflusses von Symptomausprägungen auf Fehlerzustände.

Mit der Fehler-Symptom-Analyse (Bild 8-6) sollen die für die Diagnose essentiellen Wirkzusammenhänge zwischen Symptomen und Fehlern aus den realen Einsatzdaten extrahiert werden. Die kontinuierliche Verdichtung der Daten, sowohl im Produktionsbetrieb als auch im Fehlerfall, stellt hierzu die notwendige Informationsbasis bereit. Die Ermittlung der unbekannten Zusammenhänge wird in zwei Stufen, mit rechnergestützten und intelligenten Strategien durchgeführt. In der ersten Phase werden sequentiell die Verläufe aller analogen und digitalen Symptome vor und nach dem Fehlereintritt betrachtet, und bei signifikanten Änderungen von einer Einflussnahme auf den Fehler ausgegangen. In der zweiten Phase wird die gegenseitige Abhängigkeit der Symptome untereinander analysiert. Eine Änderung im Zusammenhang führt zur Annahme, dass diese Signalkombination einen Bezug zum Fehler besitzt. Bei analogen Signalen wird in beiden Phasen eine Toleranzbreite berücksichtigt und zur quantitativen

Angabe der Stärke der Abhängigkeit die Korrelationsanalyse angewandt. Die übersichtliche Darstellung der Ergebnisse in Matrixform ermöglicht eine einfache Identifikation der auf den Fehler Einfluss nehmenden Symptome. Die endgültige Interpretation der Resultate bleibt dem Anwender vorbehalten.

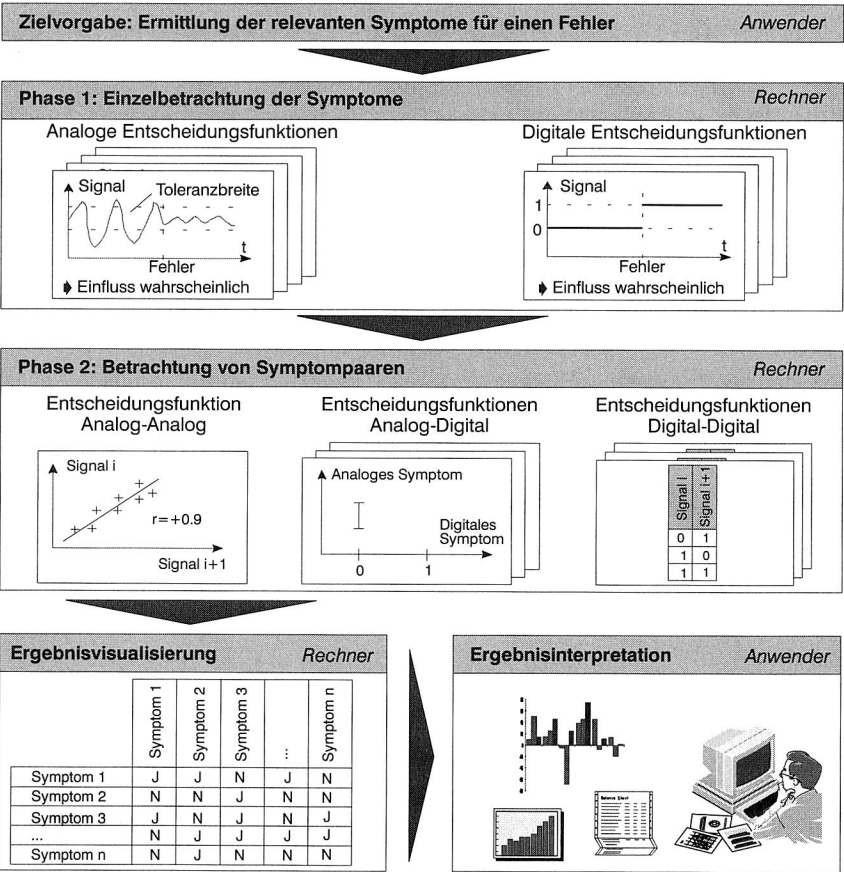


Bild 8-6: Funktionsschema der Fehler-Symptom-Analyse

Durch die modulare Auslegung des Programmes PAP können weitere Analyseverfahren integriert werden, die neue Sichten auf die Produktionshistorien liefern. Zudem kann über die Standardschnittstelle ODBC mit externen Analyseprogrammen direkt auf die Ergebnisdatenbestände der Verdichtungen zugegriffen werden. Unter anderem können für einfache Problemstellungen Standardanwendungen, wie z.B. Microsoft Excel, eingesetzt werden.

Von herausragender Bedeutung ist die Fähigkeit des Programmes zur vergleichenden Betrachtung räumlich verteilter Produktionssysteme. Aus den Informationen der Konfigurationsdatenbank des Telediagnosesystems werden anwenderspezifisch die zugriffsberechtigten Systeme ermittelt. Als Auswertebasis sind verschiedene oder identische Verdichtungszeiträume der Produktionshistorien wählbar.

Eine elementare Anforderung an das Data-Mining-Programm resultiert aus dem prinzipiellen Grundgedanken des Telediagnosesystems. Dieser sieht eine standort- und plattformunabhängige Ausführung der Software mit einem javafähigen WWW-Browser über das Netzwerk des Internets vor. Somit soll insbesondere den Experten des Herstellers ein leistungsfähiges Werkzeug zur Betrachtung der weltweit im Einsatz befindlichen Systeme bereitgestellt werden. Die Implementierung wurde deshalb als Applikation in der Sprache Java der Version 1.2.2 vorgenommen. Der Zugriff auf die problembezogenen Ausschnitte der Verdichtungsdatenbanken wird über eine Internetverbindung mit dem Datenbank-Gateway realisiert. Auf nähere Details der Implementierung soll nicht eingegangen werden.

8.4.2 Exemplarische Anwendung der Funktionalität des Werkzeugs

Der Start des Programmes PAP wird über eine HTML-Seite auf dem Telediagnoseserver vorgenommen. Beim Anmeldevorgang erfolgt die Authentifikation und Autorisierung des Benutzers, wobei die zugriffsberechtigten Maschinen freigeschaltet werden.

Fehlerauswahl

Korrelationskoeffizient

Ergebnismatrix

Zeitspanne vor bzw. nach Fehlereintritt

Minimale Toleranz der Symptomwerte

Bild 8-7: Exemplarische Anwendung des Data-Mining-Programmes PAP am Beispiel der Fehler-Symptom-Analyse

Dem Anwender stehen anschließend die verschiedenen Data Mining Verfahren zur Verfügung. In Bild 8-7 ist exemplarisch das Hauptfenster der Fehler-Symptom-Analyse dargestellt. Im oberen Bereich sind die Elemente zur gezielten Parametrierung des Verfahrens vorhanden und im unteren Bereich werden die Ergebnisse visualisiert.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Moderne Produktionssysteme erfordern eine hohe Verfügbarkeit, um kostenintensive Stillstandszeiten zu vermeiden und die Wirtschaftlichkeit der Investitionen zu sichern. Der weltweite Einsatz dieser Systeme und die hohe Komplexität auftretender Störungen verlangen die schnelle und adäquate Unterstützung des Kunden durch Experten des Herstellers. Hierzu stellt die Telediagnose das geeignete Werkzeug dar, welches zudem hohe Potenziale hinsichtlich der Faktoren Kosteneinsparung, Verstärkung der Kundenbindung, Reduzierung der Reaktionszeiten und Flexibilität des Mitarbeiterinsatzes besitzt. Zukünftig wird sich die Telediagnose deshalb zu einem Standardangebot im Service der Hersteller von Investitionsgütern entwickeln. Die aktuell verfügbaren Lösungen beschränken sich nur auf die Übertragung von Sensor- und Steuerungsdaten, mit der teilweisen Ergänzung durch multimediale Informationen, und sind zudem lediglich Realisierungen für spezifische Anwendungsfälle.

Ziel dieser Arbeit war deshalb die Entwicklung eines integrierten, netzwerkfähigen Telediagnosesystems auf der Basis moderner, standardisierter Werkzeuge und Kommunikationsstrukturen des Internets, das die durchgängige Rechnerunterstützung in der gesamten Prozesskette der Diagnose mit leistungsfähigen Softwareprogrammen realisiert. Das System und dessen verteilte Anwendungen können standort- und plattformunabhängig durch den Anwender mit einem javafähigen WWW-Browser aufgerufen werden. Somit ist eine parallele Nutzung durch den Maschinenbediener direkt am Produktionssystem zur lokalen Diagnose sowie durch den Experten in der Servicezentrale des Herstellers zur Telediagnose gegeben. Dieser integrierte Ansatz, der auf der zentralen Bereitstellung des Softwaresystems auf einem WWW-Server basiert, besitzt zudem den für die Diagnose sehr bedeutenden Vorteil der permanenten Aktualität des Expertenwissens und der Anwendungen.

Als Grundlage für die Entwicklung des Telediagnosesystems wurde eine systematische Analyse des Einsatzes dieser Technologie in der industriellen Produktion durchgeführt. Dabei wurden sowohl technische und organisatorische als auch wirtschaftliche Aspekte betrachtet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden die Defizite bestehender Lösungen abgeleitet und in konkrete Anforderungen überführt, die zur Erarbeitung des Konzeptes des integrierten Telediagnosesystems dienten. Entwickelt wurde vor allem der strukturelle Aufbau und die Architektur des Softwaresystems sowie die informationstechnischen Inhalte der Datenbanken und die Funktionalität der Anwendungen.

Die Bereitstellung dieser verteilten Informationen über unternehmensübergreifende Netzwerke, speziell zur Verarbeitung mit den Applikationen, ist ein wesentlicher Aufgabenbereich im Telediagnosesystem. Als Plattform für diesen Datenaustausch wurde deshalb ein Kommunikationssystem entwickelt, für das innovative Technologien des Internets adaptiert und genutzt wurden.

Mit den Visualisierungsprogrammen können problemspezifische Sichten auf die Produktionssysteme und deren Prozesse über das Internet erzeugt, und somit wertvolle Informationen für eine Diagnose aus der Ferne gewonnen werden. Die Zustandsvi-

sualisierung liefert einen umfassenden Überblick über die aktuellen Betriebszustände eines Produktionsverbundes. Detailliertere Informationen zu einer Maschine können mit dem Programm zur virtuellen Online-Darstellung von Fertigungsprozessen in einer dreidimensionalen Welt sowie mit der Softwarelösung zur Fernbedienung der Benutzeroberfläche von Maschinensteuerungen erhalten werden.

Das zentrale Werkzeug des Telediagnosesystems ist das internetfähige Diagnoseprogramm, mit dem der Anwender sehr effizient bei der Ermittlung der Fehlerursache und der Fehlerbehebung unterstützt wird. Dadurch können sowohl der Maschinenbediener als auch der Experte schnelle Diagnosen mit einem einheitlichen Programm vornehmen, mit den damit verbundenen positiven Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und die Stillstandskosten. Die wesentlichen Module des Diagnoseprogrammes sind das Datenmodell zur Repräsentation des technischen Expertenwissens, das Werkzeug zur Akquisition und dynamischen Anpassung dieser Informationen sowie die Inferenzstrategien zur automatischen und benutzergesteuerten Problemlösung. Zur Unterstützung der Störungsbehebung werden dem Anwender im Telediagnosesystem multimediale Therapiemaßnahmen webbasiert bereitgestellt.

Die Steigerung der Transparenz im Produktionsbereich, zur Optimierung von Planungsaufgaben sowie zur Generierung neuen Wissens für das Telediagnosesystem, ist das wesentliche Anwendungsfeld des Data-Mining-Programmes. Dieses operiert mit intelligenten Analyseverfahren auf der Basis einer umfassenden Verdichtung von Maschinen- und Prozessdaten. Weitere Programme, wie das Benachrichtigungsmodul zur personenbezogenen Information über das Auftreten von Störungen und das Werkzeug zur multimedialen Kooperation mehrerer Personen über das Internet, dienen zur Ergänzung und zur Abrundung der Aufgaben des Telediagnosesystems.

Mit dem im Rahmen dieser Arbeit konzipierten und implementierten System konnte ein wichtiger Baustein für das Gebiet der Telediagnose entwickelt werden. Im Vergleich zu bestehenden Lösungen sind insbesondere die umfassende Bereitstellung von Anwendungen zur Rechnerunterstützung bei der Diagnose sowie die konsequente Nutzung des Internets als Plattform zur Übertragung von Daten und zur Ausführung von Programmen zu nennen. Das Potenzial des Telediagnosesystems im industriellen Umfeld konnte im Rahmen der Umsetzung dieser Lösung auf einer Werkzeugmaschine bei einem Automobilhersteller nachgewiesen werden. Eine in diesem Zusammenhang durchgeführte Analyse zeigte die Akzeptanz des Gesamtsystems bei den Mitarbeitern und die Leistungsfähigkeit der einzelnen Anwendungen.

In weiteren Arbeiten können die vorhandenen Diagnosewerkzeuge optimiert und Verfahren zur Datenverschlüsselung in das Telediagnosesystem integriert werden. Zudem kann eine funktionale Erweiterung erfolgen, hinsichtlich einer umfassenden Betreuung des Kunden durch den Hersteller über das Internet. Dabei stellen z.B. die Integration von Anwendungen zur Optimierung von Produktionsprozessen sowie zur Verwaltung von Serviceinformationen und -aufträgen interessante Ergänzungen dar.

Literaturverzeichnis

- [1] Adam, W.; Bistram, R.; Linnemann, H.:
Fernbetreuung von CNC-gesteuerten Fertigungsanlagen, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München, ZWF 3/91, S. 84-87, 1996
- [2] Adam, W.; Fredrich, H.; Linnemann, H.; Pankatz, C.:
Telematikdienste für standortübergreifendes kooperatives Arbeiten, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München, ZWF 10/90, S. 490-493, 1995
- [3] Anderle, H.:
Ferndiagnose – Neue Potentiale zur Kostenreduzierung bei CNC-Werkzeugmaschinen, FOWEB-Seminar Neue Strategien zur Produktivitätssteigerung bei CNC-Werkzeugmaschinen, Tagungsband, Erlangen, 20. November 1997
- [4] Anders C.:
Adaptierbares Diagnosesystem bei Transferstraßen, Berichte aus dem Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen, Band 126, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1998
- [5] Augustin, R.:
Integrierte Planung und Anwendung der Informations- und Kommunikationstechnologie, Shaker Verlag, Aachen, 1998
- [6] Balzert, H.:
Lehrbuch der Software-Technik – Software-Entwicklung, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin Oxford, 1996
- [7] Bäuerle, G.:
Telefonieren statt reisen, elektro AUTOMATION, S. 18, 2/1997
- [8] Becker, E.:
Telediagnose für den weltweiten Teleservice in der Antriebstechnik, VDI-Z, Special Antriebstechnik, S. 90-93, 04/1999
- [9] Berger, U.; Elser, T.; Hilker, K.:
Internet-basierte Fabrikvernetzung mit MAP 3.0, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München, ZWF 3/93, S. 65-67, 1998
- [10] Berger, R.; Krüger, J.; Neubert, A.:
Internet-basierter Teleservice, Industrie Management 14, S. 37-40, 03/1998
- [11] Birkel, G.:
Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose flexibler Produktionszellen, Forschungsberichte iwv, Band 84, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1995
- [12] Bittner, C.A.; Knoche, H.:
Teleoperation per Internet, Elektronik, 17, S. 34-40, 1997

- [13] Bleicher, K.:
Organisation: Kundenorientierte Strukturen verstärken, IBM-Nachrichten, 41, Heft 304, 1991
- [14] Blume, K-P; u.a.:
Strategien zur Unterstützung von Inbetriebnahme und Service komplexer Anlagen für Produktion und Dienstleistung – Abschlußbericht, VDMA-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 1999
- [15] Born, A.:
Ein gutes Jahr – IT- und TK-Markt durchbrechen 200-Mrd.-Grenze, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heft 1, S. 46, Heise-Verlag, München, 2000
- [16] Brahmman, M.:
Tele-Engineering – Beschleunigte und qualifizierte Entwicklung und Fertigung gegossener Bauteile unter Nutzung von Multimedia-Kommunikationstechnik, Shaker Verlag, Aachen, 1998
- [17] Bullinger, H.-J.; Brettreich, T.-W.; Wiedmann, G.:
Herausforderungen für das Service-Management. Design neuer Dienstleistungen, Office Management, Band 45, Heft 6, S. 2-14, 1997
- [18] Burkhardt, R.:
Ein neues Marketinggefühl, Top-Business, S. 24, 10/1992
- [19] Casagrande, M.:
Industrielles Service-Management, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1994
- [20] Derszteler, G.; Ahrendt, T.:
Computerbasierte Gruppenarbeit zur Unterstützung des Simultaneous Engineering in der Produktentwicklung, Industrie Management, GITO-Verlag, Berlin, Heft 6, 1995
- [21] Diedrich, O.; Kuri, J.; Lubitz, H.:
Sichere Reise – Ein Firewall mit Linux, c't Magazin für Computertechnik, Heise-Verlag, Hannover, Heft 3, S. 154-159, 1999
- [22] Diehl, S.:
Weltweit am Draht, Verteilte virtuelle Welten mit Java, CORBA und VRML, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 3, S. 99 ff, 1999
- [23] Dingeldein, D.; Helfesrieder, B.; Holzapfel, R.; Böhm, K.:
Beispiele multimedialer Online-Kommunikation in Unternehmen, Informatik Forschung und Entwicklung, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 12, S. 143-150, 1997
- [24] Eversheim, W.; Schuth, S.; Bremer, C.F.; Molina, A.:
Globale virtuelle Unternehmen – Entwickeln und Produzieren in weltweiten Netzwerken, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München, ZWF 3/93, S. 62-64, 1998
- [25] Faupel, B.:
Ein modellbasiertes Akquisitionssystem für technische Diagnosesysteme, Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 1992

- [26] Feldmann, K.; Blöchl, W.; Göhringer, J.; Pitter, F.:
Multisensorielles Mikrosystem für die Werkzeugüberwachung beim Drehen,
Maschinenmarkt, Vogel-Verlag, Heft-Nr. 46, S. 30-34, Würzburg, 1996
- [27] Feldmann, K.; Göhringer, J.:
Multimedia system for remote diagnosis of complexe placement machines,
International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 15,
Issue 10, pp 722-729, Springer-Verlag, London, 1999
- [28] Feldmann, K.; Göhringer, J.:
Multimedia system for remote diagnosis of complexe placement machines,
Proceedings of the V International Conference on Monitoring an Automatic
Supervision in Manufacturing, Warsaw, S. 223-230, 20.-21. August 1998
- [29] Feldmann, K.; Göhringer, J.:
Produktionssicherung durch höhere Verfügbarkeiten und neue Organisa-
tionsformen, VDI-Seminar Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme,
Tagungsband, Erlangen, 20./21. Oktober 1998
- [30] Feldmann, K.; Göhringer, J.; Feuerstein, R.:
Systeme zur prozeßbegleitenden Qualitätssicherung und Maschinendi-
agnose, Symposium Elektronik-Technologie 98, Tagungsband, Dresden,
26.03.1998
- [31] Feldmann, K.; Pitter, F.; Göhringer, J.:
Tool Monitoring of an Automated Lathe with Microsystem Technology, Kon-
greßband Microsystem Technologies, Potsdam, S. 163-167, 17.-19. Sept.
1996
- [32] Feldmann, K.; Rottbauer, H.; Göhringer, J.:
Rationelle Montagestrukturen mit angepaßter Automatisierung im Produkti-
onsverbund, VDI-Seminar Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme,
Tagungsband, Fürth, 07./08. Juni 2000
- [33] Finke, N.; Kober, O.; Bott, J.; Terstappen, A.:
Virtual Connections – Dynamische Generierung virtueller Welten, iX Multi-
user-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 12, S. 124 ff, 1998
- [34] Flanagan, D.:
Java in a Nutshell – Deutsche Ausgabe für Java 1.1, 2. erweiterte und
aktualisierte Auflage, O'Reilly-Verlag, Köln, 1998
- [35] Fröhlich, J.:
Neuausrichtung der österreichischen Industrie- und Technologiepolitik, Vor-
lesung am Institut für Unternehmensführung, Universität Innsbruck, 1993
- [36] Frischeisen, S.:
Sicherheit, ein heißes Eisen – Aufbau und Zweck einer Internet-Firewall,
Elektronik, Heft 5, S. 106-112, 1996
- [37] Frotscher, T.:
Kaffee-Lagerist – Ein Web-Frontend für Datenbanken, c't Magazin für Com-
putertechnik, Heise-Verlag, Hannover, Heft 19, S. 292-300, 1999

- [38] Gentsch, P.; Diercks, J.:
Ganzheitlich schürfen – Data-Mining-Werkzeuge: Markt und Perspektiven, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 11, S. 112-123, 1999
- [39] Göhringer, J.:
Internetbasiertes Telediagnosesystem zur Betreuung von Produktionssystemen, FAPS-TT-Seminar Neue Rationalisierungspotentiale mit PC-basierten Automatisierungslösungen, Tagungsband, Erlangen, 04. November 1999
- [40] Göhringer, J.:
Multisensorielles Mikrosystem für die Werkzeugüberwachung beim Drehen, Seminarberichte Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Herbert Utz Verlag Wissenschaft, Band 22: Mikrotechnik für die Produktion, S. 28-43, München, 1996
- [41] Göhringer, J.:
Nutzen und Realisierung von Telediagnosesystemen zur Anlagenbetreuung, VDI-Seminar Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, Tagungsband, Erlangen, 09./10. Juni 1999
- [42] Göhringer, J.:
Realisierung und Einsatz eines internetbasierten Telediagnosesystems, VDI-Seminar Auslegung und Betrieb flexibler Montagesysteme, Tagungsband, Fürth, 07./08. Juni 2000
- [43] Göhringer, J.:
Telediagnose – Stand der Technik und neue Entwicklungsansätze für Montageanlagen, FAPS-TT-Seminar Planung und Betrieb rationeller Montagesysteme, Tagungsband, Erlangen, 16. März 1999
- [44] Göhringer, J.:
Verfügbarkeitssteigerung durch Maschinendiagnose, FOWEB-Seminar Neue Strategien zur Produktivitätssteigerung bei CNC-Werkzeugmaschinen, Tagungsband, Erlangen, 20. November 1997
- [45] Göhringer, J.; Götz, K.:
Beitrag der Diagnose zur Optimierung des Qualitätsstandards, FOWEB-Seminar Produktionssteigerung in der Elektronik, Tagungsband, Erlangen, 25. Juni 1997
- [46] Götz, K.:
Modelle und effiziente Modellbildung zur Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion, Meisenbach Verlag, Bamberg, 1998
- [47] Grau, O.:
Gründerzeit – Mit dem WWW auf dem Weg in virtuelle Welten, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 5, S. 86 ff, 1995
- [48] Grau, O.:
Magisches Theater – Ausgefeilte neue Features in VRML 2.0, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 5, S. 74 ff, 1997

- [49] Harmon, P.; King, D.:
Expertensysteme in der Praxis – Perspektiven, Werkzeuge, Erfahrungen,
2. Auflage, Oldenburg Verlag, München, Wien, 1987
- [50] Herden, W.; Hein, H.-W.; Voß, H.:
Realisierung von Expertensystemen, Oldenburg Verlag München Wien, 1992
- [51] Hosenfeld, F.; Brauer, K.:
Kommunikation ohne Grenzen. TCP/IP:
Informationsübermittlung im Internet, c't Magazin für Computertechnik,
Heise-Verlag, Hannover, Heft 12, S. 330 ff, 1995
- [52] Hudetz, W.:
Teleservice – State-of-the-Art and Future Developments, Proceedings of the
24th Annual Conference of the IEEE (Institute of Electrical and Electronics
Engineers), 31.08.-04.09.1998, S. 2103-2107, Aachen, 1998
- [53] Hudetz, W.; Harnischfeger, M.:
Teleservice einführen und nutzen. Ein Leitfaden für Maschinen- und Kompo-
nentenhersteller und deren Kunden, Maschinenbau Verlag, Frankfurt, 1997
- [54] Hudetz, W.; Harnischfeger, M.; u.a.:
Teleservice für die industrielle Produktion – Potentiale und Umsetzungshil-
fen, Leituntersuchung innerhalb des Rahmenkonzepts "Produktion 2000",
Berichtsreihe FZKA-PFT, Juni 1997
- [55] Hummels, M.:
Rechnergestützte und benutzerorientierte Fehlerbehandlung bei automati-
sierten Fertigungsanlagen, Band 21/98, Shaker Verlag Aachen, 1998
- [56] Isermann, R.:
Modellgestützte Überwachung und Fehlerdiagnose Technischer Systeme –
Teil 1, Automatisierungstechnische Praxis 38, Oldenburg Verlag, Heft 5,
S. 2-20, 1996
- [57] Isermann, R.:
Modellgestützte Überwachung und Fehlerdiagnose Technischer Systeme –
Teil 2, Automatisierungstechnische Praxis 38, Oldenburg Verlag, Heft 6,
S. 48-57, 1996
- [58] Isermann, R.:
Überwachung und Fehlerdiagnose – Moderne Methoden und ihre Anwen-
dungen bei technischen Systemen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1994
- [59] Joshi, D.I.; Runolfson, R.; Chandak, R.:
The Comprehensive Guide to the JDBC SQL API, Ventana Communication
Group, Inc., Research Triangle Park, 1997
- [60] Jüngling, T.:
Firewall-Technologien – Vom Paketfilter zum integrierten Firewall-Router,
LANline, AWi Aktuelles Wissen Verlagsgesellschaft bmbh, Grasbrunn, Heft 1,
S. 72-78, 2000

- [61] Klute, R.:
Verschlußsache – Sicherheit im World Wide Web, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, 12/1995, Heise-Verlag, München, Erweiterte Internet-Version, www.ix.de, Stand: 28.06.2000
- [62] Knörrich, J.:
Bequem zum Service, iee, 43. Jahrgang, Nr. 3, S. 68-70, 1998
- [63] Kossel, A.:
Innere Sicherheit – Sichere Intranet-Lösungen, c't Magazin für Computertechnik, Heise-Verlag, Hannover, Heft 10, S. 332-334, 1996
- [64] Kriegbaum, H.:
Produktbegleitende Dienstleistungen – Eine Chance für den deutschen Maschinenbau, VDMA Maschinenbau Nachrichten, S. 10-11, Band 75, 1996
- [65] Krüger, G.:
Kommunikation und Datenhaltung, Institut für Telematik, Uni-Karlsruhe, Skriptum zur Vorlesung, 1999
- [66] Krüger, J.; Neubert, A.:
Maschinendiagnose über das Internet, ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München, ZWF 12/91, S. 604-606, 1996
- [67] Larisch, D.:
Netzwerkpraxis für Anwender, Carl Hanser Verlag, München Wien, 2. Auflage, 1998
- [68] Lasinger, G.:
Maschinenservice und Visualisierung über Internet, SPS-Magazin, Heft 8, S. 86-88, 1997
- [69] Lex, W.:
Bei Anruf: Wartung, iee, 44. Jahrgang, Nr. 1, S. 16-18, 1999
- [70] Liedtke, J.:
Hilfe aus der Ferne – Ferndiagnose von Robotern spart Zeit und Kosten, Automation & Qualität, S. 28-31, 4/1998
- [71] Loeser, H.:
Techniken für Web-basierte Datenbankenanwendungen: Anforderungen, Ansätze, Architekturen, Informatik Forschung und Entwicklung, Band 13, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 196-216, 1998
- [72] Malys, B.; Ulmann, H.-J.:
Teleteaching/Telelearning, Ringvorlesung Multimediale Kommunikation, <http://www.mediaf3.tu-cottbus.de/ringvorlesung/VL-090699.zip>, Stand: 28.06.2000
- [73] Marzel, J.; Matt, M.:
Data Mining, <http://www.rz.fh-ulm.de/projects/datsusi/datamin1.htm>, Stand: 28.06.2000
- [74] Mayr, M.:
Mit SPS effizient fernwirken, Sonderdruck Design&Elektronik, 08/1996

- [75] Melder, W.; Müller, R.:
Messen und Steuern übers Netz, Elektronik, S. 84-86, 9/1998
- [76] Menevidis, Z.:
Konfigurierbares, multimediales Fernbetreuungssystem für rechnergestützte Fertigungseinrichtungen, Druckhaus Berlin-Mitte GmbH, Berlin, 1998
- [77] Moerkotte, G.; Westmann, T.:
Schwarze Magie – Knowledge Discovery: Suche nach verborgenen Schätzen, iX Multiuser-Multitasking-Magazin, Heise-Verlag, München, Heft 8, S. 128 ff, 1997
- [78] Morrison, M.:
Java 1.1 für Insider: das komplette Expertenwissen zu Java, SAMS, Haar bei München, 1997
- [79] Müller, B.:
Multimedia hält Einzug im Maschinen- und Anlagenbau, VDI-Nachrichten Nr. 2, S. 11, 10. Januar 1997
- [80] N.N.:
<http://www.apache.org>, Stand: 28.06.2000
- [81] N.N.:
<http://www.compaq.de>, Stand: 28.06.2000
- [82] N.N.:
<http://www.cosmosoftware.com>, Stand: 28.06.2000
- [83] N.N.:
<http://www.javasoft.com/>, Stand: 28.06.2000
- [84] N.N.:
<http://www.microsoft.com/NTWorkstation/downloads/Recommended/ServicePacks/NT4OptPk/Default.asp>, Stand: 28.06.2000
- [85] N.N.:
<http://www.stac.com>, Stand: 28.06.2000
- [86] N.N.:
<http://www.symantec.de>, Stand: 28.06.2000
- [87] N.N.:
<http://www.uk.research.att.com/vnc/>, Stand: 28.06.2000
- [88] N.N.:
Anwendungen der Informationstechnik in der Produktion – Empfehlungen der Investitionsgüterindustrie an die Bundesregierung, VDMA, Abteilung Informatik, <http://www.iid.de/informationen/vdmamemo/>, Stand: 28.06.2000
- [89] N.N.:
Data Mining Forum,
<http://www.database-marketing.de/mininghome.htm>, Stand: 28.06.2000
- [90] N.N.:
Der Teleservice-Vertrag,
http://www.vdma.de/deutsch/TELESERVICE/index_290.htm,
Stand: 28.06.2000

- [91] N.N.:
Die Anforderungen werden immer komplexer. Der Maschinenbau lebt zunehmend von Elektronik und IT, Markt und Technik, S. 22-25, Heft 29, 1998
- [92] N.N.:
FactoryLink ECS, Firmenprospekt USDATA, 1997
- [93] N.N.:
FAPI Technical Manual, FIDIA S.P.A., 01/97
- [94] N.N.:
Ferndiagnose – SPS-Wartung per Telefon, Elektronik Entwicklung, S. 66-67, 09/1997
- [95] N.N.:
Infos zu SSL und Zertifikaten, Fernuniversität Hagen,
<http://www.fernuni-hagen.de/URZ/Projekt/cert/sslinfos.html>,
Stand: 28.06.2000
- [96] N.N.:
Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts, Aktionsprogramm der Bundesregierung,
<http://www.iid.de/aktionen/aktionsprogramm/deckblatt.html>,
Stand: 28.06.2000
- [97] N.N.:
Internet – Eine Einführung in die Nutzung der Internet-Dienste, Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen, Universität Hannover, 2. Auflage, 1996
- [98] N.N.:
Internet LiveCam Stream Server Version 2.0, Handbuch zur Release 2.00.14 vom 12.10.1998
- [99] N.N.:
Introduction to Data Mining and Knowledge Discovery, Third Edition, Two Crows Corporation, Potomac (USA), Auszug via Email von <http://www.two-crows.com/booklet.htm>, Stand: 28.06.2000
- [100] N.N.:
Mit dem Ohr am Markt zur Topqualität, Automobil Produktion, Sonderheft Qualität, S. 26, Verlag moderne industrie AG, Landsberg, Juli 1997
- [101] N.N.:
OCX Control for FAPI, FIDIA S.P.A., 05/99
- [102] N.N.:
Online Dokumentation External Authoring Interface,
<http://www.marrin.com/vrml/eaiwg/ExternalInterface.html>, Stand: 28.06.2000
- [103] N.N.:
Open ShopFloor - Das Lösungskonzept für die Produktion, Systembeschreibung Open ShopFloor, Siemens AG A&D, 03/1999
- [104] N.N.:
Reis-TOTAL-TELEControl: Expertenwissen weltweit – Online per Modem, Broschüre der Firma Reis Robotics, Obernbург

- [105] N.N.:
Remote-Access / Remote Support,
Interne Informationen der Siemens AG, AUT 5
- [106] N.N.:
Remote-Service mit SCN, Handbuch Siemens AG, AUT 5, Ausgabe 04/1997
- [107] N.N.:
Service 2000 – Standards und Tendenzen im Maschinenbau, VDMA-Verlag,
1999
- [108] N.N.:
SIMATIC erobert das Internet, SIMATIC report, S. 10-11, 01/1998
- [109] N.N.:
Teleservice bei Mannesmann: Online ist in,
www.mannesmann.de/magazin/98-06/online.htm, Stand: 11.06.1999
- [110] N.N.:
Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen,
VDI-Richtlinie 3423 (Entwurf), Beut Verlag, Berlin, August 1998
- [111] N.N.:
Virtuel vor Ort, iee, 41. Jahrgang, Nr. 12, S. 66-69, 1996
- [112] N.N.:
VNCviewer for Java,
<http://www.uk.research.att.com/vnc/javavncviewer.html>, Stand: 28.06.2000
- [113] N.N.:
Vorteilhafter Teleservice, maschinen anlagen verfahren, S. 48 ff, 02/1999
- [114] N.N.:
VRML, <http://www.vrml.org>
- [115] N.N.:
Weniger als 24 Monate ist unseriös, Automobil Entwicklung, S. 64-68, Verlag moderne industrie AG, Landsberg, September 1998
- [116] N.N.:
WinCC – Systembeschreibung, Siemens AG, August 1996
- [117] N.N.:
WinCC Version 4.02 – Offenes Bedien- und Beobachtungssystem für die Visualisierung in einer neuen Dimension – Handbuch, Siemens AG, 1998
- [118] Nusser, S.:
Sicherheitskonzepte im WWW, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1998
- [119] Peck, M.; u.a.:
Service-Support-System für den Maschinenbau in Baden-Württemberg – Abschlußbericht,
www.maschinenbau-service.de/s3/docs/asb/abschlussber.html,
Stand: 28.06.2000

- [120] Pierer, H.:
"Handle oder Du wirst gehandelt", Vortrag im Rahmen des 103. Kammergesprächs der IHK Nürnberg, IHK-Magazin Nürnberg, 11/1999
- [121] Piller, F.
Informationsrevolution und industrielle Produktion, Arbeitspapier am Lehrstuhl für Industriebetriebslehre, Universität Würzburg,
<http://www.aib.wiso.tu-muenchen.de/piller/>, Stand: 28.06.2000
- [122] Plagemann, B.:
Mode oder Trend?, iee, 44. Jahrgang, Nr. 1, S. 12-14, 1999
- [123] Price, C.:
Computer-Based Diagnostic Systems, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999
- [124] Puppe, F.:
XPS-99: Knowledge-Based Systems - Survey and Future Directions, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999
- [125] Puppe, F.; Gappa, U.; Poeck, K.; Bamberger, S.:
Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York u.a., 1996
- [126] Quinn, J.B.; Gagnon, C.E.:
Dienstleistungen werden automatisiert, Harvard Manager, S. 74-81, 2/1987
- [127] Radermacher, F.J.:
Chancen und Risiken der Telearbeit, Industrie Management, GITO-Verlag, Berlin, Heft 3, 1998
- [128] Raepple, M.:
Sicherheitskonzepte für das Internet, dpunkt – Verlag für digitale Technologie GmbH, Heidelberg, 1998
- [129] Rau, A.:
Teleservice: Möglichkeiten und Anwendungen, FOWEB-Seminar PC-basierte Steuerungen, Tagungsband, Erlangen, 25.06.1998
- [130] Rothhaupt, A.:
Modulares Planungssystem zur Optimierung der Elektronikfertigung, Carl Hanser Verlag, München Wien, 1995
- [131] Rüttgers, J.:
Weltweite Kundenbetreuung durch Teleservice – Deutsche Unternehmen an die Spitze, Presseinfo des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn, 01.07.1997
- [132] Sayers, C.
Remote Control Robotics, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999
- [133] Schlierf, J.; Weber, R.:
Programmieren mit Swing – Einführung in die Programmierung mit den Swing-Klassen in Java 2, Carl Hanser München, 1999

- [134] Schneider, G.; Born, H.:
Methoden und Ansätze zur Fernwartung und Inbetriebnahme am Beispiel einer Schweißanlage, *Industrie Management* 14, S. 29-32, 03/1998
- [135] Scholz, P.:
Warum denn in die Ferne schweifen...?, *iee* 41, Nr. 9, S. 20-22, 1996
- [136] Schröter, S.:
Maschinenservice weltweit per Internet, *VDI-Nachrichten* 21, Nr. 40, 3. Oktober 1997
- [137] Schwartz, S.:
Teleservice – Das Trumpf-As, *Focus* Nr. 6, S. 206, 1998
- [138] Sedgewick, R.:
Algorithmen in C++, Addison-Wesley GmbH, 1992
- [139] Seifert, H.-J.:
Modellgestützte Diagnose komplexer Produktionssysteme – Ein Beitrag zur Erhöhung der Verfügbarkeit kapitalintensiver Fertigungsanlagen, Dissertation an der Ruhr-Universität Bochum, 1992
- [140] Siegel J.:
CORBA 3 - Fundamentals and Programming, 2nd Edition, John Wiley Inc., New York, 2000
- [141] Sörgel, G.:
Ferninbetriebsetzung auf dem Datenhigway, *engineering & automation* 18, Heft 6, S. 22-23, 1996
- [142] Sperlich, T.:
In 3D um die Welt, *c't Magazin für Computertechnik*, Heise-Verlag, Hannover, Heft 8, S. 48 ff, 1998
- [143] Sridharan, P.; Steflick, D.:
Advanced Java networking, Prentice Hall, New Jersey, 2000
- [144] Steinmetz, R.:
Multimedia-Technologie – Einführung und Grundlagen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1993
- [145] Storr, A.; Litto, M.:
Werkerorientierte Methodik zur Verarbeitung von Diagnoseerfahrungswerten, *Werkstattstechnik*, 88, H. 7/8, S. 349-353, 1998
- [146] Stritzke, H.:
Internetgestütztes Informations- und Kommunikationssystem für verteilte Projektteams am Beispiel der Produktentstehung, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 1999
- [147] Tischer, M.; Jennrich, B.:
Internet Intern, Data Becker Verlag, Düsseldorf, 1997
- [148] Träger, A.:
Per Telefon SPS-Service und mehr, *elektro AUTOMATION*, S. 44-47, 03/1997

- [149] Turner, J.; Zorn, S.:
Heiße Tasse - Datenbankzugriff mit Java, iX Multiuser-Multitasking-Magazin,
Heise-Verlag, München, Heft 3, S. 120 ff, 1997
- [150] Vacca, J.:
VRML-Clearly Explained, 2. Auflage, Academic Press Limited, London, 1998
- [151] Wang, X. Z.:
Data Mining and Knowledge Discovery for Process Monitoring and Control,
Springer, Berlin Heidelberg New York, 1999
- [152] Weber, H.:
Wissensbasierte Diagnose technischer Systeme mit konnektionistischen Mo-
dellen, UNZE Verlagsgesellschaft mbH, Potsdam, 1996
- [153] Weck, M.; Westkämper, E.; Wucherer, K.; Wörn, H.; u.a.:
Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik – Aachener Perspektiven
Internet-Technologien für die Produktion – Neue Arbeitswelt in Werkstatt
und Betrieb, Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium, 10.-11. Juni 1999
- [154] Westkämper, E.; Stender, S.; Hirschmann, J.:
Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechniken zur Steige-
rung der Wettbewerbsfähigkeit im Maschinenbau, <http://www.maschinenbau-service.de/ts/publik/teleservice/allgemein.html>, Stand: 05.07.2000
- [155] Westkämper, E.; Wieland, J.:
Neue Konzepte für Teleservice und Telemanufacturing, Industrie Manage-
ment 14, S. 9-12, 03/1998
- [156] Wiedmann, H.:
Objektorientierte Wissensrepräsentation für die modellbasierte Diagnose an
Fertigungseinrichtungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg New York, 1993
- [157] Wielsch, M.:
Das große Buch zu UNIX, Data Becker Verlag, Düsseldorf, 1995
- [158] Wincheringer, W.:
Ein Verfahren zur reportbasierten Diagnose von technischen Maschinenstö-
rungen in der Instandhaltung, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York,
1996
- [159] Zöllner, B.:
Adaptive Diagnose in der Elektronikproduktion, Carl Hanser Verlag,
München Wien, 1995

Abkürzungen

A	Auftretenswahrscheinlichkeit (FMEA)
Apranet	Advanced Research Projects Agency Net
ASDL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AWT	Abstract Window Toolkit
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computerized Numerical Control
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DB	Datenbank
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DCOM	Distributed Component Object Model
DLL	Dynamic Link Library
DNS	Domain Name Service
E	Entdeckungswahrscheinlichkeit (FMEA)
EDI	Electronic Data Interchange
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FTP	File Transfer Protocol
GSM	Global System for Mobile Communication
GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standard Organization
JDBC	Java Database Connectivity
LAN	Local Area Network

MAN	Metropolitan Area Network
MDT	Mean Down Time
MTBF	Mean Time Between Failure
NC	Numerical Control
OCX	Object Custom Control
ODBC	Open Database Connectivity
OSI	Open Systems Interconnection
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PPP	Point to Point Protocol
PPS	Produktionsplanungs- und Steuerungssystem
QMS	Qualitätsmanagementsystem
RAM	Random Access Memory
RMI	Remote Method Invocation
RPZ	Risikoprioritätszahl (FMEA)
S	Schwere der Fehlerauswirkung (FMEA)
SLIP	Serial Line Internet Protocol
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VRML	Virtual Reality Modeling Language
V.24	Serielle Standardschnittstelle an Personal Computern
WAN	Wide Area Network
WWW	World Wide Web

Lebenslauf

Jürgen Göhringer

geboren am 29.04.1969 in Neumarkt/Opf.

ledig, 1 Kind

- | | |
|-------------|---|
| 1975 – 1979 | Grundschule Postbauer |
| 1979 – 1988 | Willibald-Gluck-Gymnasium Neumarkt/Opf. |
| 1989 | Zivildienst |
| 1989 – 1995 | Studium der Fertigungstechnik
an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Abschluß: 06/1995: Dipl.-Ing. |
| 1995 – 2000 | Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für
Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik
an der Universität Erlangen-Nürnberg
Leiter: Prof. Dr.-Ing. Feldmann |

Reihe Fertigungstechnik Erlangen

Band 1

Andreas Hemberger

**Innovationspotentiale in der rechnerintegrierten Produktion durch
wissensbasierte Systeme**

208 Seiten, 107 Bilder. 1988. Kartoniert.

Band 2

Detlef Classe

**Beitrag zur Steigerung der Flexibilität automatisierter Montage-
systeme durch Sensorintegration und erweiterte Steuerungskonzepte**

194 Seiten, 70 Bilder. 1988. Kartoniert.

Band 3

Friedrich-Wilhelm Nolting

Projektierung von Montagesystemen

201 Seiten, 107 Bilder, 1 Tabelle. 1989.

Kartoniert.

Band 4

Karsten Schlüter

**Nutzungsgradsteigerung von Montagesystemen durch den Einsatz
der Simulationstechnik**

177 Seiten, 97 Bilder. 1989. Kartoniert.

Band 5

Shir-Kuan Lin

Aufbau von Modellen zur Lageregelung von Industrierobotern

168 Seiten, 46 Bilder. 1989. Kartoniert.

Band 6

Rudolf Nuss

**Untersuchungen zur Bearbeitungsqualität im Fertigungssystem
Laserstrahlschneiden**

206 Seiten, 115 Bilder, 6 Tabellen. 1989. Kartoniert.

Band 7

Wolfgang Scholz

**Modell zur datenbankgestützten Planung automatisierter
Montageanlagen**

194 Seiten, 89 Bilder. 1989. Kartoniert.

Band 8

Hans-Jürgen Wißmeier

**Beitrag zur Beurteilung des Bruchverhaltens von Hartmetall-
Fließpreßmatrizen**

179 Seiten, 99 Bilder, 9 Tabellen. 1989. Kartoniert.

Band 9

Rainer Eisele

**Konzeption und Wirtschaftlichkeit von Planungssystemen in der
Produktion**

183 Seiten, 86 Bilder. 1990. Kartoniert.

Band 10
Rolf Pfeiffer
Technologisch orientierte Montageplanung am Beispiel der Schraubtechnik
216 Seiten, 102 Bilder, 16 Tabellen. 1990. Kartoniert.

Band 11
Herbert Fischer
Verteilte Planungssysteme zur Flexibilitätssteigerung der rechnerintegrierten Teilefertigung
201 Seiten, 82 Bilder. 1990. Kartoniert.

Band 12
Gerhard Kleineidam
CAD/CAP: Rechnergestützte Montagefeinplanung
203 Seiten, 107 Bilder. 1990. Kartoniert.

Band 13
Frank Vollertsen
Pulvermetallurgische Verarbeitung eines übereutektoiden verschleißfesten Stahls
XIII + 217 Seiten, 67 Bilder, 34 Tabellen. 1990. Kartoniert.

Band 14
Stephan Biermann
Untersuchungen zur Anlagen- und Prozeßdiagnostik für das Schneiden mit CO₂-Hochleistungslasern
VIII + 170 Seiten, 93 Bilder, 4 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 15
Uwe Geißler
Material- und Datenfluß in einer flexiblen Blechbearbeitungszelle
124 Seiten, 41 Bilder, 7 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 16
Frank Oswald Hake
Entwicklung eines rechnergestützten Diagnosesystems für automatisierte Montagezellen
XIV + 166 Seiten, 77 Bilder. 1991. Kartoniert.

Band 17
Herbert Reichel
Optimierung der Werkzeugbereitstellung durch rechnergestützte Arbeitsfolgenbestimmung
198 Seiten, 73 Bilder, 2 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 18
Josef Scheller
Modellierung und Einsatz von Softwaresystemen für rechnergeführte Montagezellen
198 Seiten, 65 Bilder. 1991. Kartoniert.

Band 19
Arnold vom Ende
Untersuchungen zum Biegeumformen mit elastischer Matrize
166 Seiten, 55 Bilder, 13 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 20
Joachim Schmid
Beitrag zum automatisierten Bearbeiten von Keramikguß mit Industrierobotern
XIV + 176 Seiten, 111 Bilder, 6 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 21

Egon Sommer

Multiprozessorsteuerung für kooperierende Industrieroboter in Montagezellen

188 Seiten, 102 Bilder. 1991. Kartoniert.

Band 22

Georg Geyer

Entwicklung problemspezifischer Verfahrensketten in der Montage

192 Seiten, 112 Bilder. 1991. Kartoniert.

Band 23

Rainer Flohr

Beitrag zur optimalen Verbindungstechnik in der Oberflächenmontage (SMT)

186 Seiten, 79 Bilder. 1991. Kartoniert.

Band 24

Alfons Rief

Untersuchungen zur Verfahrensfolge Laserstrahlschneiden und –schweißen in der Rohkarosseriefertigung

VI + 145 Seiten, 58 Bilder, 5 Tabellen. 1991. Kartoniert.

Band 25

Christoph Thim

Rechnerunterstützte Optimierung von Materialflußstrukturen in der Elektronikmontage durch Simulation

188 Seiten, 74 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 26

Roland Müller

CO₂-Laserstrahlschneiden von kurzglasverstärkten Verbundwerkstoffen

141 Seiten, 107 Bilder, 4 Tabellen. 1992. Kartoniert.

Band 27

Günther Schäfer

Integrierte Informationsverarbeitung bei der Montageplanung

195 Seiten, 76 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 28

Martin Hoffmann

Entwicklung einer CAD/CAM-Prozeßkette für die Herstellung von Blechbiegeteilen

149 Seiten, 89 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 29

Peter Hoffmann

Verfahrensfolge Laserstrahlschneiden und –schweißen : Prozeßführung und Systemtechnik in der 3D-Laserstrahlbearbeitung von Blechformteilen

186 Seiten, 92 Bilder, 10 Tabellen. 1992. Kartoniert.

Band 30

Olaf Schrödel

Flexible Werkstattsteuerung mit objektorientierten Softwarestrukturen

180 Seiten, 84 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 31

Hubert Reinisch

Planungs- und Steuerungswerkzeuge zur impliziten Geräteprogrammierung in Roboterzellen

XI + 212 Seiten, 112 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 32
Brigitte Bärmreuther
**Ein Beitrag zur Bewertung des Kommunikationsverhaltens
von Automatisierungsgeräten in flexiblen Produktionszellen**
XI + 179 Seiten, 71 Bilder. 1992. Kartoniert.

Band 33
Joachim Hutfless
**Laserstrahlregelung und Optikdiagnostik in der Strahlführung
einer CO₂-Hochleistungslaseranlage**
175 Seiten, 70 Bilder, 17 Tabellen. 1993. Kartoniert.

Band 34
Uwe Günzel
**Entwicklung und Einsatz eines Simulationsverfahrens für operative
und strategische Probleme der Produktionsplanung und -steuerung**
XIV + 170 Seiten, 66 Bilder, 5 Tabellen. 1993. Kartoniert.

Band 35
Bertram Ehmann
**Operatives Fertigungscontrolling durch Optimierung auftragsbezogener
Bearbeitungsabläufe in der Elektronikfertigung**
XV + 167 Seiten, 114 Bilder. 1993. Kartoniert.

Band 36
Harald Kolléra
**Entwicklung eines benutzerorientierten Werkstattprogrammiersystems
für das Laserstrahlschneiden**
129 Seiten, 66 Bilder, 1 Tabelle. 1993. Kartoniert.

Band 37
Stephanie Abels
**Modellierung und Optimierung von Montageanlagen
in einem integrierten Simulationssystem**
188 Seiten, 88 Bilder. 1993. Kartoniert.

Band 38
Robert Schmidt-Hebbel
**Laserstrahlbohren durchflußbestimmender
Durchgangslöcher**
145 Seiten, 63 Bilder, 11 Tabellen. 1993. Kartoniert.

Band 39
Norbert Lutz
**Oberflächenfeinbearbeitung keramischer Werkstoffe mit
XeCl-Excimerlaserstrahlung**
187 Seiten, 98 Bilder, 29 Tabellen. 1994. Kartoniert.

Band 40
Konrad Grampp
**Rechnerunterstützung bei Test und Schulung an
Steuerungssoftware von SMD-Bestücklinien**
178 Seiten, 88 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 41
Martin Koch
**Wissensbasierte Unterstützung der Angebotsbearbeitung
in der Investitionsgüterindustrie**
169 Seiten, 68 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 42

Armin Gropp

Anlagen- und Prozeßdiagnostik beim Schneiden mit einem gepulsten Nd:YAG-Laser

160 Seiten, 88 Bilder, 7 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 43

Werner Heckel

Optische 3D-Konturerfassung und on-line Biegewinkelmessung mit dem Lichtschnittverfahren

149 Seiten, 43 Bilder, 11 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 44

Armin Rothhaupt

Modulares Planungssystem zur Optimierung der Elektronikfertigung

180 Seiten, 101 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 45

Bernd Zöllner

Adaptive Diagnose in der Elektronikproduktion

195 Seiten, 74 Bilder, 3 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 46

Bodo Vormann

Beitrag zur automatisierten Handhabungsplanung komplexer Blechbiegeteile

126 Seiten, 89 Bilder, 3 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 47

Peter Schnepf

Zielkostenorientierte Montageplanung

144 Seiten, 75 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 48

Rainer Klotzbücher

Konzept zur rechnerintegrierten Materialversorgung in flexiblen Fertigungssystemen

156 Seiten, 62 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 49

Wolfgang Greska

Wissensbasierte Analyse und Klassifizierung von Blechteilen

144 Seiten, 96 Bilder. 1995. Kartoniert.

Band 50

Jörg Franke

Integrierte Entwicklung neuer Produkt- und Produktionstechnologien für räumliche spritzgegossene Schaltungsträger (3-D MID)

196 Seiten, 86 Bilder, 4 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 51

Franz-Josef Zeller

Sensorplanung und schnelle Sensorregelung für Industrieroboter

190 Seiten, 102 Bilder, 9 Tabellen. 1995. Kartoniert.

Band 52

Michael Solvie

Zeitbehandlung und Multimedia-Unterstützung in Feldkommunikationssystemen

200 Seiten, 87 Bilder, 35 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 53

Robert Hopperdietzel

Reengineering in der Elektro- und Elektronikindustrie

180 Seiten, 109 Bilder, 1 Tabelle. 1996. Kartoniert.

Band 54

Thomas Rebhan

**Beitrag zur Mikromaterialbearbeitung mit Excimerlasern –
Systemkomponenten und Verfahrensoptimierungen**

148 Seiten, 61 Bilder, 10 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 55

Henning Hanebuth

Laserstrahlhartlöten mit Zweistrahltechnik

157 Seiten, 58 Bilder, 11 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 56

Uwe Schönherr

**Steuerung und Sensordatenintegration für flexible Fertigungszellen
mit kooperierenden Robotern**

188 Seiten, 116 Bilder, 3 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 57

Stefan Holzer

Berührungslose Formgebung mit Laserstrahlung

162 Seiten, 69 Bilder, 11 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 58

Markus Schultz

Fertigungsqualität beim 3D-Laserstrahlschweißen von Blechformteilen

165 Seiten, 88 Bilder, 9 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 59

Thomas Krebs

**Integration elektromechanischer CA-Anwendungen über einem STEP-
Produktmodell**

198 Seiten, 58 Bilder, 8 Tabellen. 1996. Kartoniert.

Band 60

Jürgen Sturm

**Prozeßintegrierte Qualitätssicherung
in der Elektronikproduktion**

167 Seiten, 112 Bilder, 5 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 61

Andreas Brand

**Prozesse und Systeme zur Bestückung räumlicher
elektronischer Baugruppen (3-D MID)**

182 Seiten, 100 Bilder. 1997. Kartoniert

Band 62

Michael Kauf

**Regelung der Laserstrahlleistung und der Fokuspaparameter einer
CO₂-Hochleistungslaseranlage**

140 Seiten, 70 Bilder, 5 Tabellen. 1997. Kartoniert

Band 63

Peter Steinwässer

**Modulares Informationsmanagement in der integrierten
Produkt- und Prozeßplanung**

190 Seiten, 87 Bilder. 1997. Kartoniert.

Band 64
Georg Liedl
**Integriertes Automatisierungskonzept für den flexiblen Materialfluß
in der Elektronikproduktion**
196 Seiten, 96 Bilder, 3 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 65
Andreas Otto
Transiente Prozesse beim Laserstrahlschweißen
132 Seiten, 62 Bilder, 1 Tabelle. 1997. Kartoniert

Band 66
Wolfgang Blöchl
**Erweiterte Informationsbereitstellung an offenen CNC-Steuerungen
zur Prozeß- und Programmoptimierung**
168 Seiten, 96 Bilder. 1997. Kartoniert.

Band 67
Klaus-Uwe Wolf
**Verbesserte Prozeßführung und Prozeßplanung zur Leistungs- und
Qualitätssteigerung beim Spulenwickeln.**
186 Seiten, 125 Bilder. 1997. Kartoniert.

Band 68
Frank Backes
Technologieorientierte Bahnplanung für die 3D-Laserstrahlbearbeitung
138 Seiten, 71 Bilder, 2 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 69
Jürgen Kraus
Laserstrahlumformen von Profilen
137 Seiten, 72 Bilder, 8 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 70
Norbert Neubauer
Adaptive Strahlführungen für CO₂-Laseranlagen
120 Seiten, 50 Bilder, 3 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 71
Michael Steber
**Prozeßoptimierter Betrieb flexibler Schraubstationen
in der automatisierten Montage**
168 Seiten, 78 Bilder, 3 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 72
Pfeistorf, Markus
Funktionale 3D-Oberflächenkenngrößen in der Umformtechnik
162 Seiten, 84 Bilder, 15 Tabellen. 1997. Kartoniert.

Band 73
Volker Franke
**Integrierte Planung und Konstruktion von Werkzeugen
für die Biegebearbeitung**
143 Seiten, 81 Bilder. 1998. Kartoniert.

Band 74
Herbert Scheller
**Automatisierte Demontagesysteme und recyclinggerechte
Produktgestaltung elektronischer Baugruppen**
184 Seiten, 104 Bilder, 17 Tabellen. 1998. Kartoniert.

Band 75

Arthur Meßner

Kaltmassivumformung metallischer Kleinstteile

– Werkstoffverhalten, Wirkflächenreibung, Prozeßauslegung –

164 Seiten, 92 Bilder, 14 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 76

Mathias Glasmacher

Prozeß- und Systemtechnik zum Laserstrahl-Mikroschweißen

184 Seiten, 104 Bilder, 12 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 77

Michael Schwind

Zerstörungsfreie Ermittlung mechanischer Eigenschaften von

Feinblechen mit dem Wirbelstromverfahren

124 Seiten, 68 Bilder, 8 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 78

Manfred Gerhard

Qualitätssteigerung in der Elektronikproduktion durch Optimierung

der Prozeßführung beim Lötten komplexer Baugruppen

179 Seiten, 113 Bilder, 7 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 79

Elke Rauh

**Methodische Einbindung der Simulation in die betrieblichen Planungs-
und Entscheidungsabläufe**

192 Seiten, 114 Bilder, 4 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 80

Niederhorn Sorin

**Meßeinrichtung zur Untersuchung der Wirkflächenreibung bei
umformtechnischen Prozessen**

99 Seiten, 46 Bilder, 6 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 81

Stefan Schubert

**Regelung der Fokuslage beim Schweißen mit CO₂-Hochleistungslasern
unter Einsatz von adaptiven Optiken**

140 Seiten, 64 Bilder, 3 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 82

Armando Walter Colombo

Development and Implementation of Hierarchical Control Structures

of Flexible Production System Using High-Level Petri Nets

216 Seiten, 86 Bilder. 1998. Kartonierte.

Band 83

Otto Meedt

Effizienzsteigerung bei Demontage und Recycling durch flexible

Demontagetechnologien und optimierte Produktgestaltung

186 Seiten, 103 Bilder. 1998. Kartonierte.

Band 84

Knuth Götz

**Modelle und effiziente Modellbildung zur Qualitätssicherung
in der Elektronikproduktion**

212 Seiten, 129 Bilder, 24 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 85

Ralf Luchs

**Einsatzmöglichkeiten leitender Klebstoffe zur zuverlässigen Kontaktierung
elektronischer Bauelemente in der SMT**

176 Seiten, 126 Bilder, 30 Tabellen. 1998. Kartonierte.

Band 86
Frank Pöhlau
Entscheidungsgrundlagen zur Einführung räumlicher spritzgegossener Schaltungsträger (3-D MID)
144 Seiten, 99 Bilder. 1999. Kartoniert.

Band 87
Roland Kals
Fundamentals of the miniaturization of sheet metal working processes
128 Seiten, 58 Bilder, 11 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 88
Gerhard Luhn
Implizites Wissen und technisches Handeln am Beispiel der Elektronikproduktion.
253 Seiten, 61 Bilder, 1 Tabelle. 1999. Kartoniert.

Band 89
Axel Sprenger
Adaptives Streckbiegen von Aluminium-Strangpreßprofilen
114 Seiten, 63 Bilder, 4 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 90
Hans-Jörg Pucher
Untersuchungen zur Prozeßfolge Umformen, Bestücken und Laserstrahllöten von Mikrokontakten
158 Seiten, 69 Bilder, 9 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 91
Horst Arnet
Profilbiegen mit kinematischer Gestalterzeugung
128 Seiten, 67 Bilder, 7 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 92
Doris Schubart
Prozeßmodellierung und Technologieentwicklung beim Abtragen mit CO₂-Laserstrahlung
133 Seiten, 57 Bilder, 13 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 93
Adrianus L. P. Coremans
Laserstrahlsintern von Metallpulver – Prozeßmodellierung, Systemtechnik, Eigenschaften laserstrahlgesinterter Metallkörper
184 Seiten, 108 Bilder, 12 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 94
Hans-Martin Biehler
Optimierungskonzepte für Qualitätsdatenverarbeitung und Informationsbereitstellung in der Elektronikfertigung
199 Seiten, 105 Bilder. 1999. Kartoniert.

Band 95
Wolfgang Becker
Oberflächen Ausbildung und tribologische Eigenschaften Excimerlaserstrahlbearbeiteter Hochleistungskeramiken
175 Seiten, 71 Bilder, 3 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 96
Philipp Hein
Innenhochdruck-Umformen von Blechpaaren: Modellierung, Prozeßauslegung und Prozeßführung
129 Seiten, 57 Bilder, 7 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 97
Gunter Beitinger
**Herstellungs- und Prüfverfahren für
thermoplastische Schaltungsträger**
176 Seiten, 92 Bilder, 20 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 98
Jürgen Knoblach
**Beitrag zur rechnerunterstützten verursachungsgerechten Angebotskalkulation
von Blechteilen mit Hilfe wissensbasierter Methoden**
156 Seiten, 53 Bilder, 26 Tabellen. 1999. Kartoniert.

Band 99
Frank Breitenbach
**Bildverarbeitungssystem zur Erfassung der Anschlußgeometrie
elektronischer SMT-Bauelemente**
168 Seiten, 92 Bilder, 12 Tabellen. 2000. Kartoniert.

Band 100
Bernd Falk
**Simulationsbasierte Lebensdauervorhersage für Werkzeuge
der Kaltmassivumformung**
134 Seiten, 44 Bilder, 15 Tabellen. 2000. Kartoniert.

Band 101
Wolfgang Schögl
**Integriertes Simulationsdaten-Management für Maschinenentwicklung
und Anlagenplanung**
157 Seiten, 101 Bilder, 20 Tabellen. 2000. Kartoniert.

Band 102
Christian Hinsel
**Ermüdungsbruchversagen hartstoffbeschichteter
Werkzeugstähle in der Kaltmassivumformung**
130 Seiten, 80 Bilder, 14 Tabellen. 2000. Kartoniert.

Band 103
Stefan Bobbert
**Simulationsgestützte Prozessauslegung für das Innenhochdruck-Umformen
von Blechpaaren**
123 Seiten, 77 Bilder. 2000. Kartoniert.

Band 104
Harald Rottbauer
**Modulares Planungswerkzeug zum Produktionsmanagement
in der Elektronikproduktion**
176 Seiten, 106 Bilder. 2000. Kartoniert.

Band 105
Thomas Hennige
Flexible Formgebung von Blechen durch Laserstrahlumformung
120 Seiten, 50 Bilder. 2001. Kartoniert.

Band 106
Thomas Menzel
**Wissensbasierte Methoden für die rechnergestützte Charakterisierung und
Bewertung innovativer Fertigungsprozesse**
152 Seiten, 71 Bilder. 2001. Kartoniert.

Band 107
Thomas Stöckel
**Kommunikationstechnische Integration der Prozeßebene in Produktionssysteme
durch Middleware-Frameworks**
162 Seiten, 65 Bilder, 5 Tabellen. 2001. Kartoniert.

Band 108

Frank Pitter

**Verfügbarkeitssteigerung von Werkzeugmaschinen durch Einsatz
mechatronischer Sensorlösungen**

158 Seiten, 131 Bilder, 8 Tabellen. 2001. Kartoniert.

Band 109

Markus Korneli

Integration lokaler CAP-Systeme in einen globalen Fertigungsdatenverbund

125 Seiten, 53 Bilder, 11 Tabellen. 2001. Kartoniert.

Band 110

Burkhard Müller

**Laserstrahljustieren mit Excimer-Lasern – Prozeßparameter und Modelle zur
Aktorkonstruktion**

In Druck

Band 111

Jürgen Göhringer

**Integrierte Telediagnose via Internet zum effizienten Service von
Produktionssystemen**

190 Seiten, 98 Bilder, 5 Tabellen. 2001. Kartoniert.