

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfung auf Prüfmodule zur Prüfzeitreduzierung bei Elektromotoren

Carsten Karcher , Michael Kiefer und Jürgen Straub
RTE Akustik + Prüftechnik GmbH
RTE Software + Systeme GmbH

1 Einleitung

Trotz fertigungsbegleitender In-Prozess-Prüfung während der Montage von Elektroantrieben ist es unerlässlich, das Endprodukt einer Qualitätsprüfung und Qualitätsdokumentation durch eine Sicherheits-, Funktions-, Leistungs- und Geräuschprüfung zu unterziehen. Große Produktionsstückzahlen erfordern parallel arbeitende Prüfstände um Produktionsengpässe zu verhindern.

Das Funktions- und Geräuschprüfsystem PRODIAS 2000 ist aufgrund seiner Architektur in der Lage, Prüffunktionen auf mehrere sequentiell und / oder parallel angeordneten Prüfmodule zu verteilen und zu einer Gesamtbeurteilung zusammenzufügen. Der Bediener sieht *ein* System, kann aber auch modulspezifisch die Daten beobachten.

2 Maschinenmodulkonzept

Innerhalb des Produktionsprozesses mit anschließender vollautomatischer Prüfung müssen die Prüfungen so verteilt werden, dass der komplette Prüfumfang innerhalb der geforderten Zeit möglich wird. Die Verteilung der erforderlichen Prüfungen auf Prüfmodule unter Berücksichtigung der Prüfungsart und des Prüfumfanges werden zwangsläufig notwendig.

Die Prüfobjekte werden mittels Werkstückträger über ein Förderband den Prüfstationen zugeführt. Über eine Stoppersteuerung werden die Prüflinge vereinzelt. In den Prüfstationen werden die WT's von Hubstationen in den Prüfstand eingeführt. Danach wird das Prüfobjekt durch den Greif- und Zentriervorgang in der Lage ausgerichtet und die Kontaktierung zugestellt. Nach der Prüfung erfolgt die Einteilung in i.O.- und n.i.O.-Teile, die über das Leitsystem dem Verpackungs- oder Reparaturplatz zugewiesen werden. Beim Typenwechsel wird das Prüfsystem leergefahren um die mechanische Anpassung an unterschiedliche Typen zu gewährleisten.



Abbildung 1: Prüfmodulkonzept

Folgende schematische Darstellung zeigt die Anwendung von Prüfmodulen.

In der Anlage wurden folgende Prüfungen vorgenommen:

1. **Prüfungen im Stillstand:**
Sicherheitsprüfung nach VDE 0700
(Wicklungswiderstand, Schutzleiter und HV-Prüfung)
2. **Prüfungen im Leerlauf** unter Nennspannung:
Kondensatorspannung, Drehrichtung, Drehzahl, Stromaufnahme, Endschalterprüfung,
Geräuschprüfung
3. **Prüfungen im Leerlauf** unter Nennspannung:
Kondensatorspannung, Drehrichtung, Drehzahl, Stromaufnahme, Endschalterprüfung,
Geräuschprüfung
4. **Prüfungen mit Nennlast:**
Kondensatorspannung, Drehzahl, Nennstrom, Nennmoment, Bremsmoment, Geräusch-
prüfung

Die Anordnung wird aus folgender Layoutzeichnung ersichtlich:

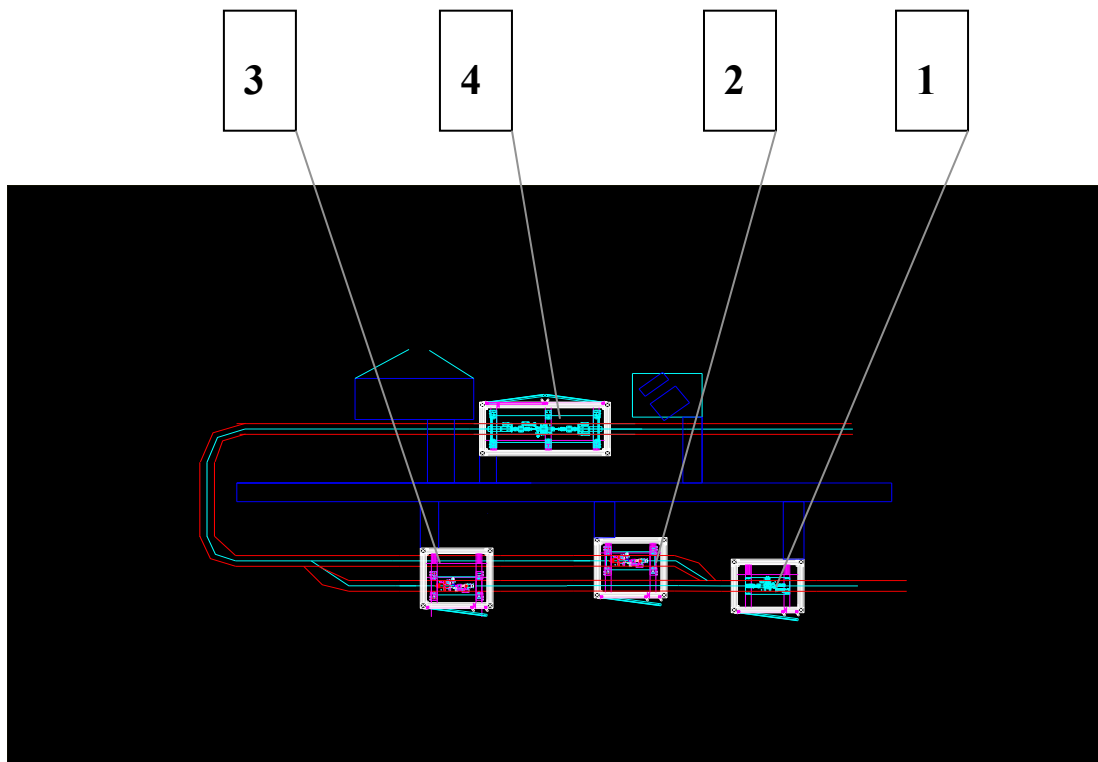


Abbildung 2: Förderanlage mit Prüfmodulen

Die Konzeption von Prüfanlagen muss stets in Zusammenhang mit der Planung der Produktionsanlage erfolgen, um eine gute Produktionsleistung zu erreichen. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auf Pufferung der zu verarbeitenden Werkstücke und qualitativ gute Ergebnisse gelegt. Dabei sollte man auch auf die Workflow-Planung des Unternehmens, sowie auf die produktspezifischen Eigenschaften eingehen. Die Verfügbarkeit von Prüfanlagen stellt unter Leistungsgesichtspunkten eine besondere Anforderung an eine gelungene Konzeption. Daher ist es unumgänglich die beiden Konzeptvarianten gegenüber zu stellen. In der Prüfrealität werden die beiden Konzeptionsmodelle meist gemixt. Bei der Konzeption wird es notwendig die beiden Lösungsvarianten, „All-In-One“ und „Modul“ miteinander zu vergleichen.

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfungen

Pos.	Kriterium	Modulkonzept	All-In-One
1	Normierbarkeit Parallelsysteme	Anpassung über Übertragungsfunktion	Nicht notwendig , wenn die Durchsatzleistung erreicht werden kann.
2	Redundantes System	Bei Ausfall eines Moduls kann mit verminderter Leistung produziert werden.	Defekt eines Teils der Anlage führt zum Totalausfall.
3	Ausfall einer Prüffunktion.	Entsprechendes Modul wird abgeschaltet.	Komplette Prüfanlage fällt aus.
3	Verfügbarkeit	Durch Pufferung zwischen den Modulen führt ein Bauteildefekt zu geringen Ausfallzeiten.	Bauteildefekte führen zu hohen Ausfallzeiten.
4	Investitionskosten	Höher durch Verwendung von Einzelgeräten.	Niedriger durch Verwendung eines Gestells.
5	Platzbedarf	Größerer Platzbedarf.	Optimale Platzausnutzung.
6	Nachrüstung zusätzlicher Prüfungen.	Über weitere Module ohne Leistungsverlust leicht möglich.	Umbau bestehender Anlagen schwierig.
7	Werkerbedienung	Wenige Funktionen je Modul ermöglichen schnelle und leichte Anlagenbedienung.	Komplexe ineinanderverschachtelte Komponenten verlangen nach hochqualifiziertem Personal.
8	Zugänglichkeit der Anlage	Sehr gut. Prüfnest von allen Seiten zugänglich.	Schlecht. Einsehbarkeit und Fehleranalyse schwierig.

Pos.	Kriterium	Modulkonzept	All-In-One
9	Instandhaltung der Anlage	Einfach. Montagefreundlich. Einfache Struktur.	Aufwendig. Montageschwierig. Verschachtelte Komponenten.
10	Ersatzteilkhaltung	Einfach. Viele gleiche Bauteile werden eingesetzt.	Hoher Aufwand. Durch beengte Platzverhältnisse müssen oft Spezialbaukomponenten verwendet werden.

Tabelle 1: Vergleich Prüfkonzeptionen

Zusammenfassend ist eine All-In-One-Lösung kostengünstiger und benötigt einen geringeren Platzbedarf. Das Modulkonzept ist leichter Bedien- und Wartbar. Außerdem kann schon nach kurzer Produktionszeit mit einer hohen Verfügbarkeit gerechnet werden, wodurch die volle Leistung schon nach kurzer Zeit zu Verfügung steht.

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfungen

3 Hardware- und Softwarearchitektur als Voraussetzung für eine parallele Prüfung mehrerer Werkstücke

3.1 Systemarchitektur

Die rasante Entwicklung in der PC-Technologie führte in den letzten Jahren auch zu einem Wandel in der Mess- und Prüftechnik. Speziallösungen werden heute von Systemen abgelöst, die über standardisierte Schnittstellen wie OPC (OLE for Process Control), COM/DCOM (Distributed Component Object Model) oder auch TCP/IP (Internet Protokoll) Daten austauschen können. Die Interoperabilität ist heute eine Voraussetzung für Mess- und Prüfsysteme in der Fertigung.

Das Mess- und Prüfsystem PRODIAS 2000 von RTE Akustik + Prüftechnik GmbH und RTE Software + Systeme in Pfinztal setzt konsequent diese Forderungen um, indem es

- seine Prozesse als DCOM-Interfaces von außen zugänglich macht,
- seine Funktionalität durch Visual Basic Scripte projektieren und erweitern lässt,
- als OPC-Client beliebige Daten von OPC-Servern aufnehmen kann und
- als OPC-Server seine Informationen zur Verfügung stellt.

Aufbau der Systemarchitektur:

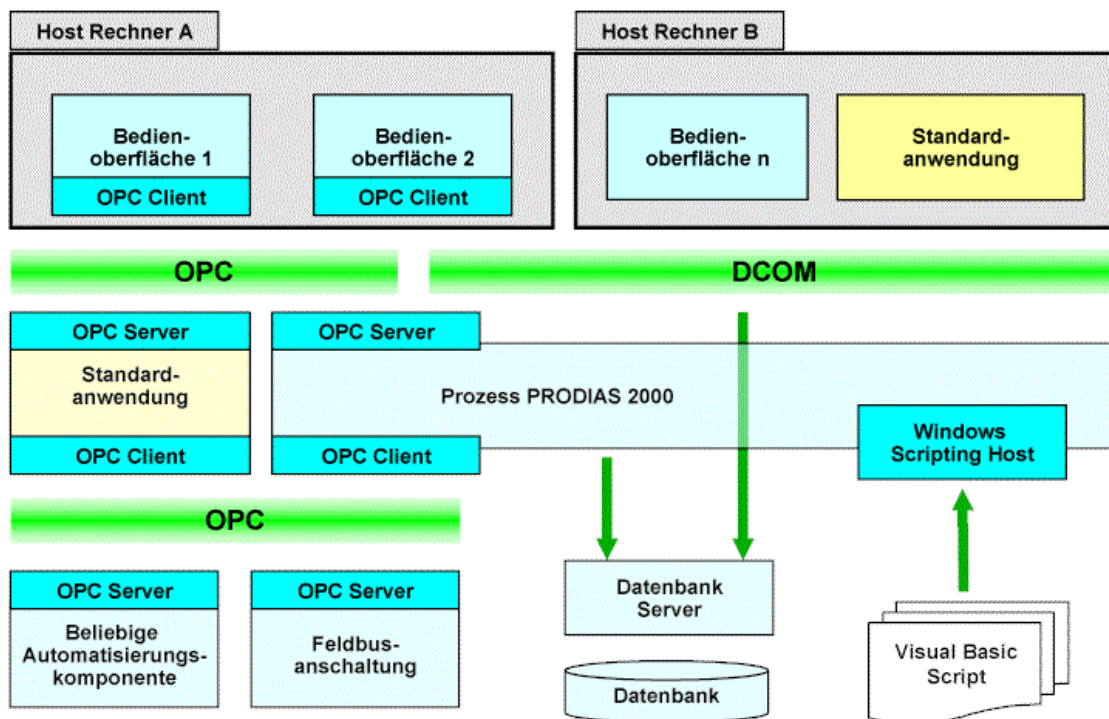


Abbildung 3: Offene Architektur gewährleistet hohe Interoperabilität

3.2 Verteilung über DCOM

Die Kommunikation der Automatisierungslösungen untereinander erfolgt durch den standardisierten Kommunikationsmechanismus DCOM von Microsoft. In Verbindung mit der klaren Trennung von Verarbeitung- und Darstellungsebene lassen sich die Ansichten auf das System gezielt auf die Sicht des Anwenders anpassen.

Eine zentrale Schaltstelle, implementiert als Dokumenten-Host, kann die verschiedenen Sichten für die unterschiedlichen Benutzer verwalten. So gibt es beispielsweise ein Sicht auf die Daten für die Projektierung der Prüfaufgabe, eine andere für die Auswertung der Messdaten, eine weitere für die Kalibrierung oder z. B. für die Darstellung der Ergebnisse während einer Messung.

So können Informationen über den Prüfstatus, die Fertigung bis hin zum lokalen Sensor auf einem beliebigen Arbeitsplatz im Intranet angezeigt werden. Die Grenze zwischen Büro und Fertigungsebene verschwimmt.

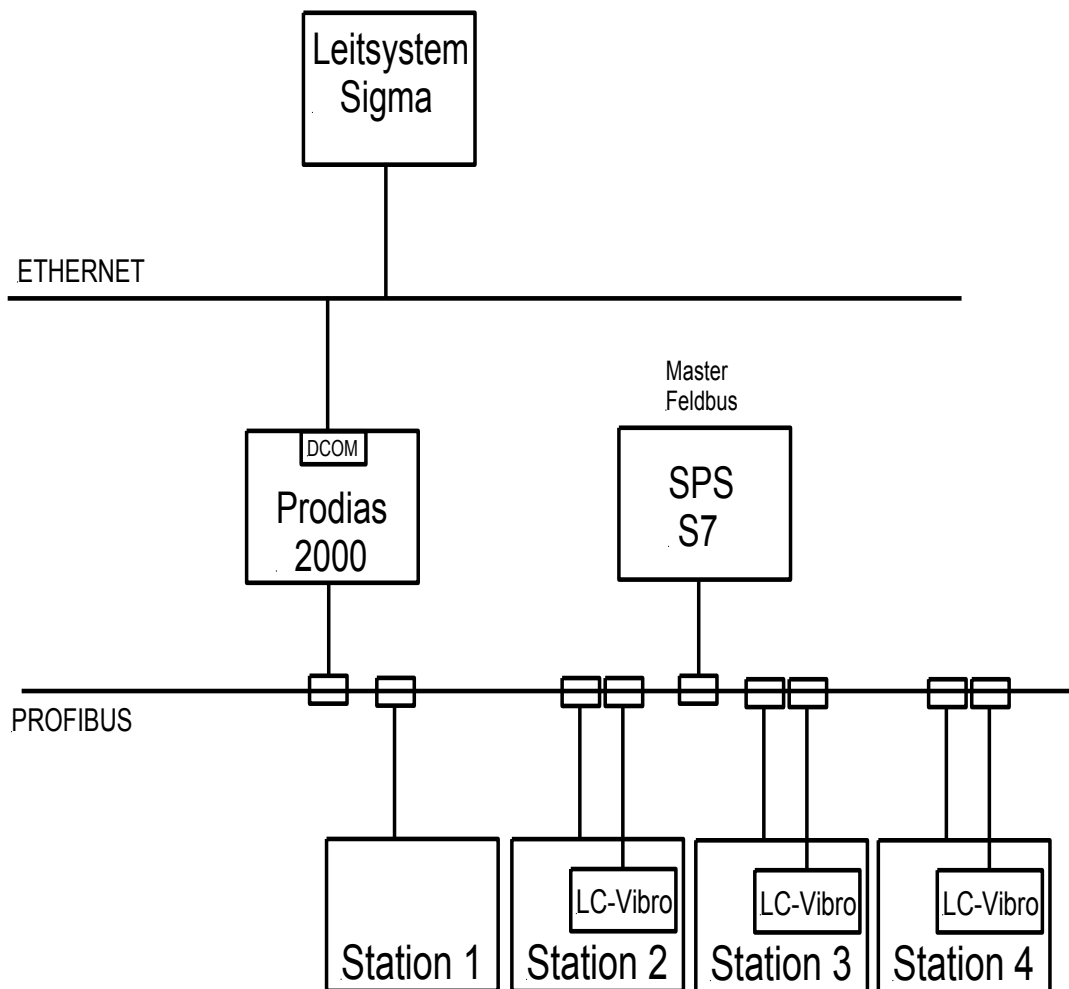


Abbildung 4: Netztopologie der Prüfanlage und der übergeordneten Systeme

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfungen

3.3 Geräuschprüfungen

Die Geräuschprüfung am Prüfling wird im Leerlauf (Station 2 + 3) sowie unter Nennlast (Station 4) durchgeführt.

Die Schwingungssignalerfassung erfolgt über Beschleunigungsaufnehmer geringer Masse am Getriebe. Die Sensoren sind durch ein neuartiges Körperschallisolationsverfahren von der Prüfstands Umgebung isoliert.

Die durch Signalvorverstärker normierten Strom- und Körperschallsignale (insgesamt 3-kanalig) werden durch 16 Bit A/D-Wandler digitalisiert und von einem digitalen Floatingpoint Signalprozessor verarbeitet.

Für die Geräuschprüfung werden folgende Verfahren parallel zur elektromechanischen Funktionsprüfung verwendet:

1. Zeitsignalanalyse

Durch die Crestfaktoranalyse werden impulshafte Signalanteile (z. B. verursacht durch Zahneingriffsfehler) bewertet.

2. Frequenzanalyse

Sowohl die u. a. durch eine FFT (fast fourier transformation) gewonnenen Schmalbandspektren als auch die merkmalspezifische Zusammenfassung zu Frequenzbändern erlaubt eine detaillierte und zuverlässige Beurteilung. Um Einflüsse der Drehzahl-schwankungen auf die Frequenzanalyse auszuschließen, wird der Einsatz einer Ordnungsanalyse empfohlen.

3. Modulationsanalyse

Die Periodizität in niederfrequenten Signalanteile wird durch die Modulationsanalyse mit Hilfe des Hüllkurvenverfahrens ermittelt. Hierzu sind steile Filter erforderlich, die digital realisiert sind.

4 Realisierung und Erfahrungen

Bedienung und Bewertungsausgabe über den Prüfrechner

Für die Bedienbarkeit von Prüfanlagen muss man auf die Ergebnisdarstellung und Archivierungsmöglichkeit genauso großen Wert legen, wie auch auf die Darstellung von Betriebszuständen und Störungen.

4.1 Folgende Informationen stehen dem Werker in der Ansicht „Bewertung“ zu Verfügung.

- Bewertung des Gesamtergebnisses.
- Gesamtbewertung der Stationsergebnisse.
- Verfolgung der Produktionsnummer.
- Anzeige des Prüfabschnittes.

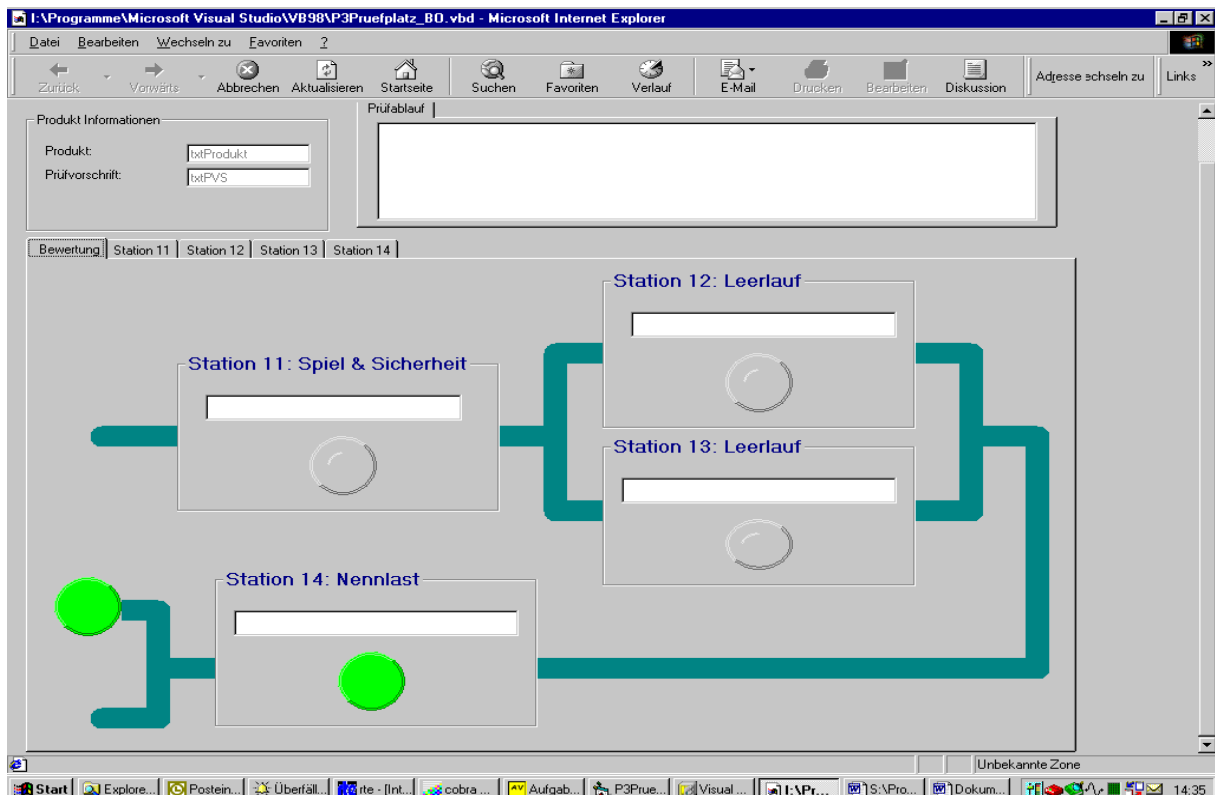


Abbildung 5: Werkeransicht Bewertung

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfungen

4.2 Folgende Informationen stehen dem Werker in der Ansicht „Merkmale Grundspektrum“ zu Verfügung.

- Bewertung des Gesamtergebnisses.
- Ansicht Grundspektrum.

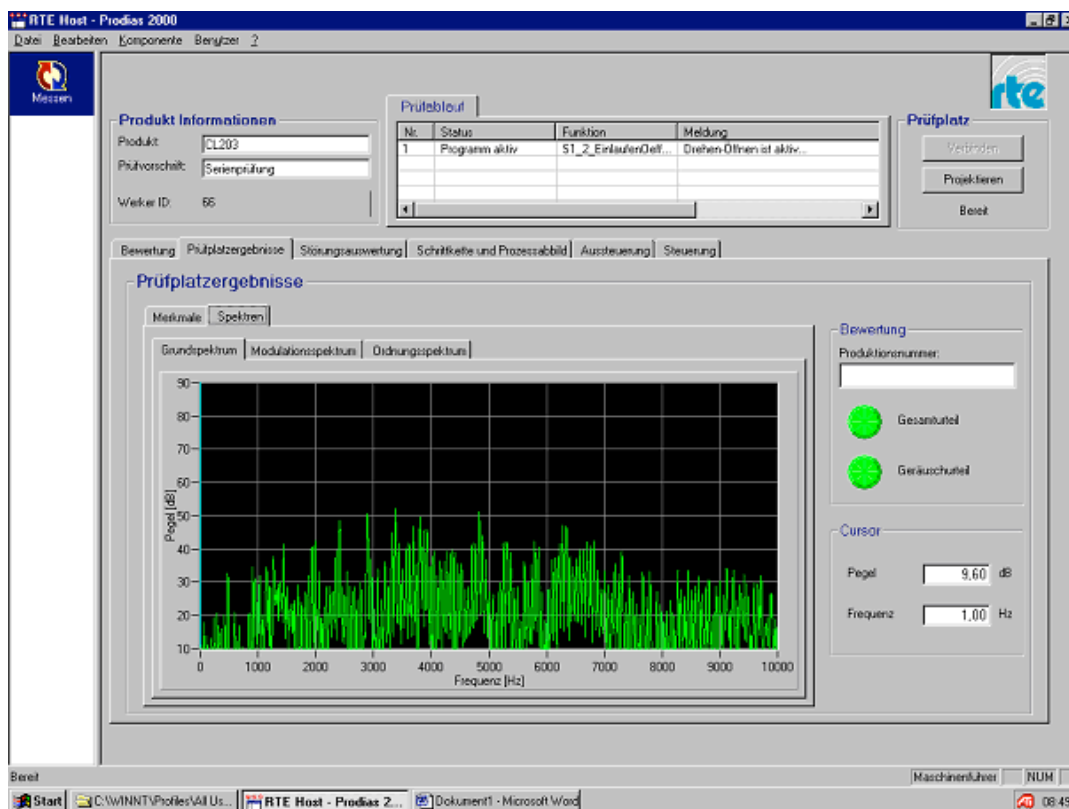


Abbildung 6: Grundspektrum

4.3 Folgende Informationen stehen dem Werker in der Ansicht „Schrittfolge und Prozessabbild“ zu Verfügung.

- Bewertung des Gesamtergebnisses.
- Gesamtbewertung der Stationsergebnisse.
- Anzeige der Schrittfolge des laufenden Prozesses.
- Alle Datenbits des Kommunikationsaustausches mit der SPS.

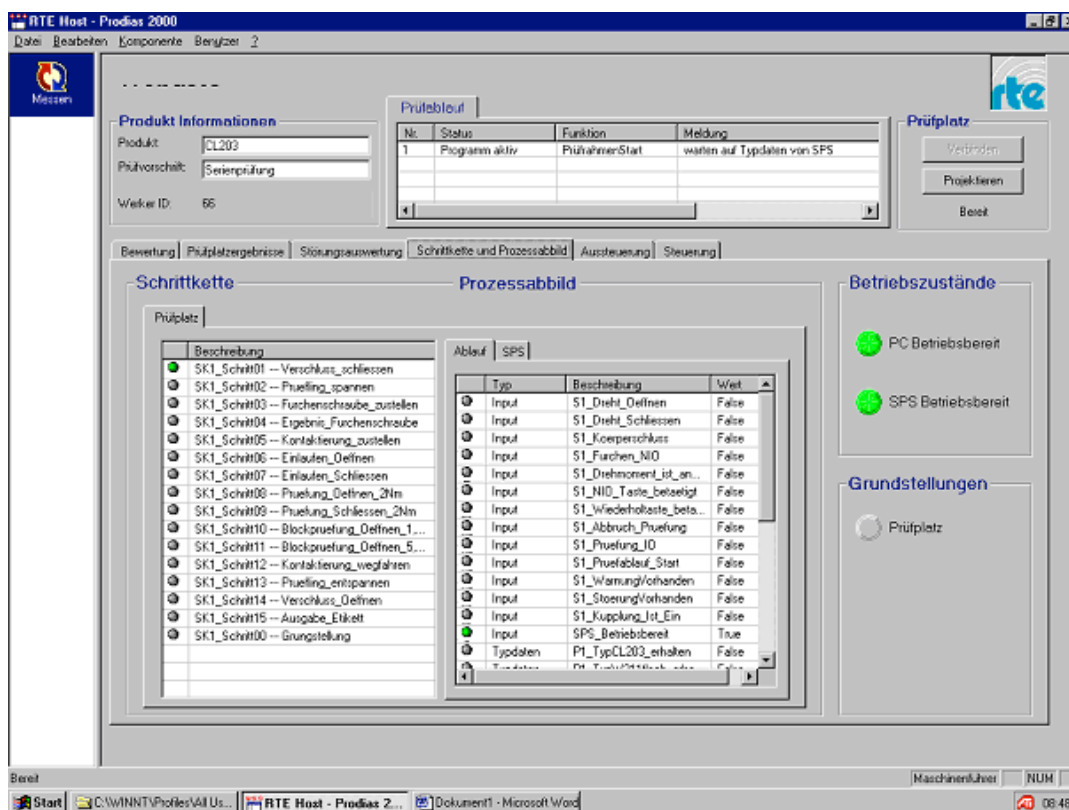


Abbildung 7: Prozessabbild

Verteilung von Funktions- und Akustikprüfungen

4.4 Folgende Informationen stehen dem Werker in der Ansicht „Warnungs-Störungsauswertung“ zu Verfügung.

- Sammelauswertung.
- Gleichzeitige Anzeige aller aufgetretenen Störungen und Warnungen.

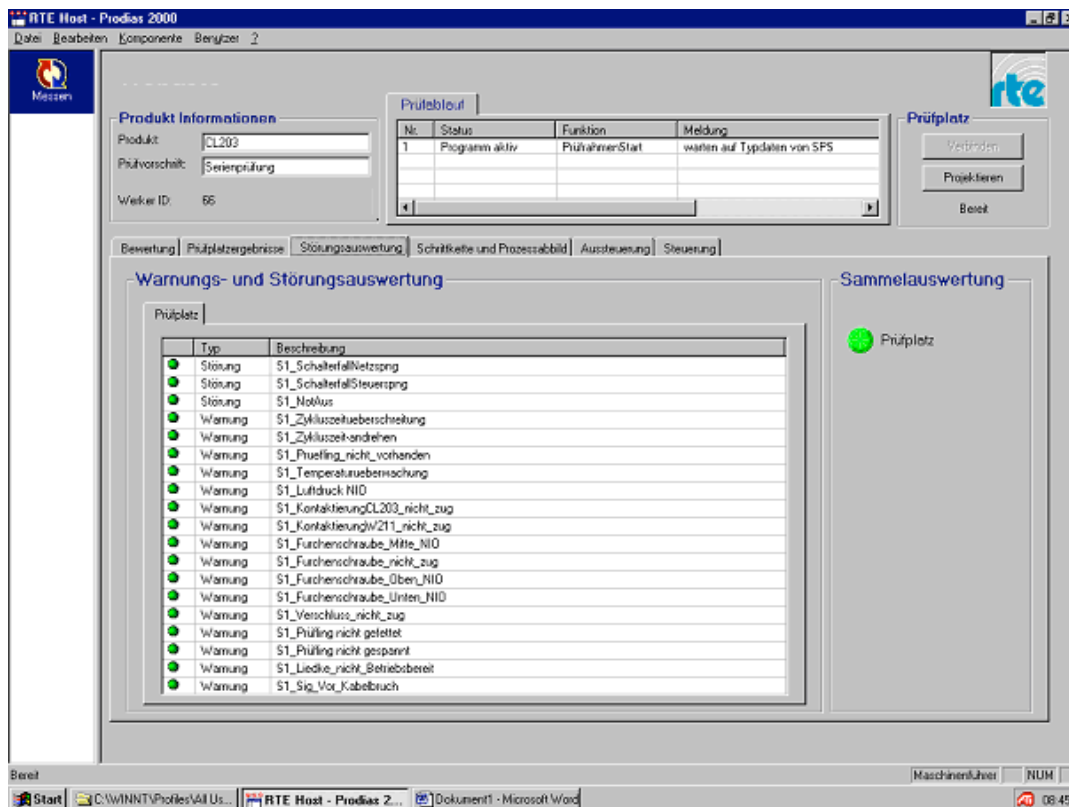


Abbildung 8: Warnungs – und Störungsanzeige