

PXI-basierter Prüfstand für einen intelligenten Halbleiter-Winkelsensor

Ingobert Gorlt¹⁾, Hector A. Bendfeldt¹⁾, Dr. Marcus Weser¹⁾,
Klaudius Pinkawa²⁾, Dr. Hans-Jürgen Meyer²⁾

¹⁾ Philips Semiconductors GmbH, Hamburg ²⁾ A.M.S. Software GmbH, Quickborn

Zusammenfassung

Im Qualitätslabor der Fa. Philips Semiconductors GmbH, Hamburg, werden Halbleitersensoren aus der Fertigung stichprobenartig geprüft. Zu den neueren hochintegrierten Halbleitersensoren zählen u.a. intelligente und kontaktlose Drehzahl- und Winkelsensoren, prädestiniert für den Einsatz in der Automobilindustrie. Dieser Bericht befaßt sich mit dem Aufbau eines neuen Prüfstands für den magnetischen Halbleiter-Winkelsensor KMA 200.

Die erforderliche Meßtechnik für diesen Prüfstand wurde fast ausschließlich mit Meßgeräten sowie Interface- und DAQ-Modulen im PXI-Standard realisiert, wobei ein hybrides PXI/SCXI-System als kompaktes Datenerfassungs- und Signalkonditionierungssystem zum Einsatz kam. Die Prüfsoftware (LabNet) wurde mit LabVIEW unter Windows NT erstellt. Diese ist als netzwerkfähige Software im separaten Labornetzwerk auf allen Prüfstandsrechnern im Qualitätslabor lauffähig. Die Prüfabläufe sind über einen im LabNet integrierten Script-Interpreter auf einfache Weise von den Endanwendern implementierbar.

Der Winkelsensor KMA 200 besteht aus dem eigentlichen Sensor-Chip, dessen Winkelmeßeigenschaft auf dem magnetoresistiven (MR) Prinzip beruht, und dem direkt anhängenden IC-Chip. Dieses ASIC-IC digitalisiert, interpretiert und bewertet die analogen Sensor-Signale mit einem on-Board A/D-Wandler und läßt sich über eine bit-serielle Schnittstelle (SPI) von einem externen Rechner auslesen. Diese Schnittstelle dient nicht nur zur schnellen Winkelauslese, sondern ist gleichzeitig eine Programmier-Schnittstelle für das interne IC-EEPROM. Dadurch lassen sich für den Endanwender auf einfache Art applikationsspezifische Parametrierungen vornehmen. Schließlich ist das ASIC-IC auch in der Lage, das Meßergebnis als analoges Signal über dieselbe Schnittstelle zu liefern.

Abstract

At Philips Semiconductors Hamburg self-monitoring sensor systems based on semiconductors are developed which have to be tested selectively after production. The most new highly integrated semiconductor sensor systems are intelligent and contactless rotation counting and angular measurement systems especially produced for automotive applications. This paper describes the design and construction for a new test stand for the angular sensor system of type KMA200.

The measurement technique could be almost fully implemented by using measurement devices as well as interface and DAQ modules based on the PXI standard. Finally a hybrid PXI/SCXI system was used as a compact DAQ and signal conditioning system. The test software (LabNet) was developed with LabVIEW under Windows NT. Because of its network capability it can be used at any test stand computer which is connected to the laboratory net-work. The test jobs can be easily implemented by the users via a script interpreter which is embedded in the LabNet as well.

The angular measurement system KMA200 consists of the sensor chip and a directly connected IC chip. The ability of the sensor chip of measuring angles is based on magneto-resistiv effects. The task of the ASIC-IC is the digitizing of the analog signals from the sensor chip via an on-chip A/D converter and even more interpreting and evaluating the results which in turn can be read out digitally by an external computer via a bit-serial link (SPI). This interface is not only used to enable fast reading of the actually detected angle but also serves as a programming interface for the internal IC-EEPROM. This is especially useful for the customers as they can optimize the sensor system for their specific application by programming the IC with an optimal set of parameters. Finally the ASIC-IC is able to deliver the measured angle as an analog signal via the same interface.

Einleitung

Dieser Beitrag beschreibt sowohl die Hardware als auch die Software für einen neu entwickelten Prüfstand für das Qualitätslabor der Fa. Philips Semiconductors GmbH, Hamburg. Zum besseren Verständnis wird zunächst der Prüfling, der intelligente Halbleiter-Winkelsensor KMA 200 beschrieben, danach die Anforderungen an den Prüfstand und dessen Realisierung.

Der Sensor

Eigenüberwachte Sensorsysteme sind ein wichtiger Sicherheitsfaktor, besonders für Anwendungen im Automobilbereich, in denen z.B. 'x-by-wire'-Systeme eine hohe Fehlerelbsterkennung im normalen Betriebsmodus verlangen.

Weiterhin sind Winkelmeßsysteme, die den anisotropen magnetoresistiven Effekt ausnutzen, den herkömmlichen magnetischen Sensoren, die auf der Basis des Hall-Effekts beruhen, überlegen. Das hier vorgestellte Winkelmeßsystem der Fa. Philips Semiconductors GmbH, Hamburg, vereinigt beide obigen Eigenschaften.

Diese hochintegrierte Bauweise des Winkelsensors (Bild 1, Maße ca. 5mm x 20mm x 1mm) erlaubt einen vielfältigen und direkten Einsatz. Über die Beine des ICs ist der Winkelsensor mit dem übergeordneten Rechner oder Meßsystem verbunden, worüber sich sowohl die digitale oder analoge Auslese als auch die einsetzspezifische Programmierung vornehmen lassen.

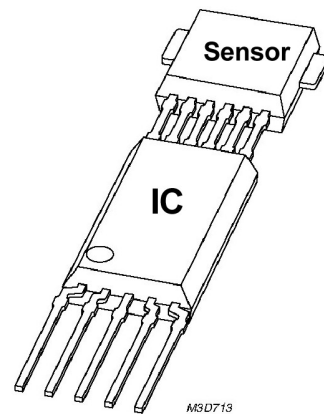


Bild 1: Winkelsensor KMA 200

Das Meßprinzip

Der magnetoresistive Effekt bewirkt bei bestimmten magnetischen Materialien (Permalloy), daß sich unter Einwirkung eines genügend starken externen Magnetfelds der Widerstand ändert, wobei die Änderung von dem Winkel zwischen dem externen Feld und einem internen Stromfluß abhängt. Diese Widerstandsänderung wird im Sensor über zwei Wheatstone-Brücken erfaßt, die auf einem Siliziumsubstrat aufgebracht sind.

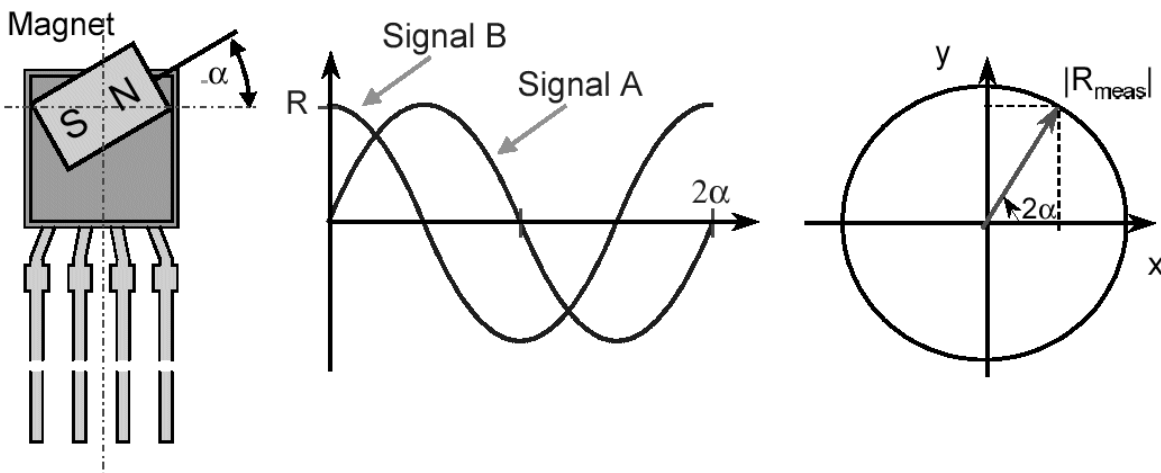


Bild 2: Meßprinzip eines magnetoresistiven Sensors mit zwei Wheatstone-Brücken

Jede der Brücken liefert eine sinusförmige Ausgangsspannung, die dem Winkel zwischen dem externen Magnetfeld und dem Sensor entspricht, wobei die Phasen der beiden Signale um 90° gegeneinander verschoben sind. Interpretiert man die beiden Amplituden als den realen und imaginären Anteil einer komplexen Zahl, kann man aus den Amplituden gemäß der Eulerschen Korrelation $\alpha = \frac{1}{2} \arctan(X/Y)$ den gesuchten Winkel bestimmen, wobei der Wert nicht von den absoluten Amplituden abhängt.

Die Logik

Ein Blockschaltbild des Gesamtsystems ist in Bild 3 wiedergegeben. In dem ASIC-IC ist die Signalverarbeitungselektronik und die Eigenüberwachung untergebracht.

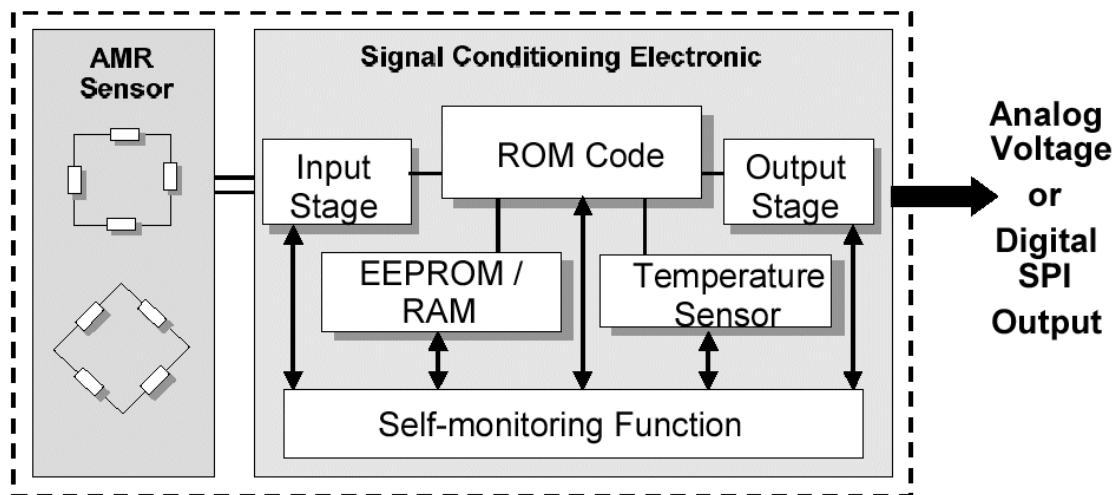


Bild 3: Das integrierte Winkelmesssystem mit der Eigenüberwachungsfunktion

Die Eingangsstufe nimmt die analogen Brückensignale auf, stellt sie der Eigenüberwachung und für die Digitalisierung über einen on-Chip A/D-Wandler (effektiv 13 Bit Auflösung) dem im ROM integrierten Programm zur Weiterverarbeitung zur Verfügung. Gemäß der externen Programmierung des EEPROMs wird das Ergebnis über die Ausgangsstufe digital über eine bitserielle Schnittstelle (SPI-Protokoll) oder erneut analog gewandelt dem übergeordneten System zur Verfügung gestellt.

Für die Eigenüberwachung wird die Temperatur gemonitort. In Abhängigkeit von der Temperatur kann ein sicherer Arbeitsbereich für die gemessenen Amplituden definiert werden, bei deren Überschreiten ein Fehlerflag im SPI-Protokoll gesetzt wird.

Anforderungen an den Prüfstand

Folgende Anforderungen sind von der Prüf- und Meßtechnik des Prüfstands zu erfüllen, wobei alle Geräte von der Prüfsoftware auf dem Prüfstands-PC gesteuert bzw. ausgelesen werden müssen:

- Spannungsquelle mit programmierbaren Betriebsspannung von 0 – 24 VDC und stufenlos regulierbarer Strombegrenzung
- Zwei-Kanal-Oszilloskop, um Flanken von Rechteckpulsen bis zu 1 MHz messen zu können
- Multimeter mit 5 ½ Digits Auflösung
- Digital-I/O-Karte, zur Behandlung des bitseriellen Protokolls bis zu einer Frequenz von 1 MHz
- Multi-DAQ-Karte zur Erfassung von digitalen und analogen Überwachungssignalen
- DAC-Karte zur Ansteuerung von Stromquellen für die Hexapol-Magnetversorgung

Folgende Anforderung sind von der Prüfsoftware zu erfüllen:

- Kommunikation mit dem Prüfling über die SPI-Schnittstelle für Betriebs- und Programmierungs-Funktionen
- Betrieb aller I/O-Karten und externen Geräte
- Überwachungsfunktionen für die Sensor-Prüfbox und die Magnetspulen
- Einfache Erstellung, Änderung und Ausführung von Prüfabläufen

Realisierung des Prüfstands

Die Beschreibung der Prüfstandsrealisierung ist aufgeteilt in die Prüftechnik, die Meßtechnik und die Prüfsoftware. Es werden hier nicht die externen Elemente wie Thermostream, Sensor-Prüfbox, Magnetspulen (Hexapol) und Drehtisch näher beschrieben (Bild 4), wobei die von Philips entwickelte komplexe Sensor-Prüfbox mit den auf einem Drehtisch aufgebauten Hexapol-Magnetspulen speziell einer Beschreibung wert sind, aber den Umfang dieses Beitrags sprengen würden.

Prüftechnik

Der Prüfstand insgesamt ist schematisch im Diagramm von Bild 4 und die Prüftechnik allein zusätzlich in dem Photo dargestellt.

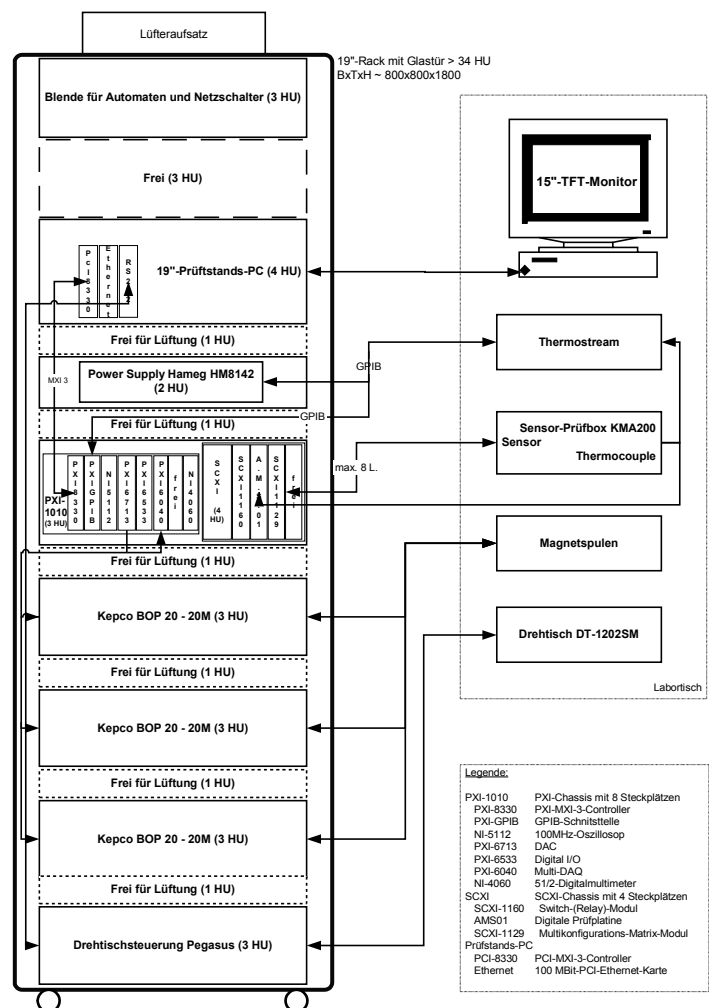


Bild 4: Photo und schematische Darstellung des Prüfstandsbaus

Die Prüftechnik besteht aus folgenden Komponenten mit ihren Funktionen (Bild 4 von oben nach unten):

- 19"-Rack mit Lüfteraufsatz, Glastür sowie Automaten, Netzschalter und Notaus
- 19"-Prüfstands-PC mit
 - serieller Schnittstelle für den Betrieb der Drehtischsteuerungseinheit
 - Netzwerkkarte zum Anschluß an das Labornetzwerk im Qualitätslabor
 - PCI-MXI-3-Karte zum Betrieb des PXI-System
- IEEE programmierbare Spannungsquelle, Typ Hameg HM8142, zur Versorgung des Prüflings
- PXI-System zur Aufnahme der Meßtechnik (s.u.)
- Drei analog steuerbare Stromquellen, Typ Kepco BOP 20 – 20 M, zur Versorgung der Magnetspulen mit Strömen bis zu 16 A
- Drehtischsteuerungseinheit, Typ Pegasus, mit serieller Schnittstelle zur programmierbaren Steuerung des Drehtisches

Meßtechnik

Die Meßtechnik ist vollständig in kompakter Form in ein PXI-System der Fa. National Instruments integriert, wobei hier ein gemischtes PXI/SCXI-System gewählt wurde, um notwendige Switch- und Matrix-Module in der geforderten Kanalzahl gleichzeitig mit aufnehmen zu können.

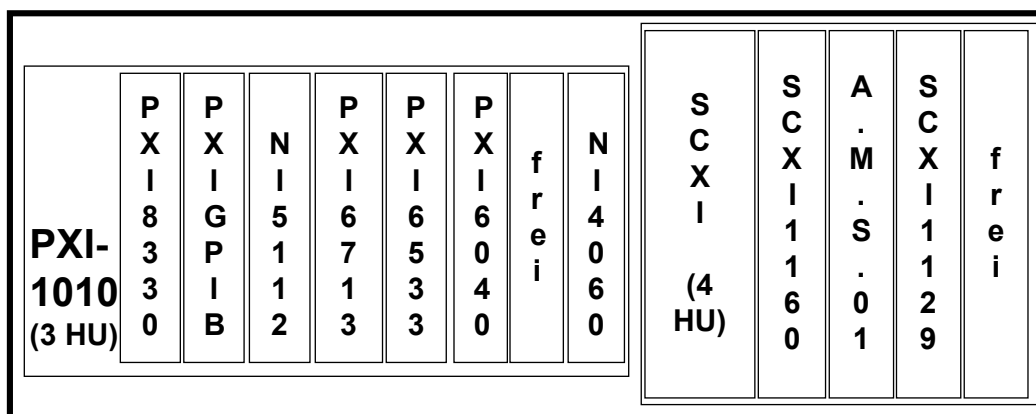
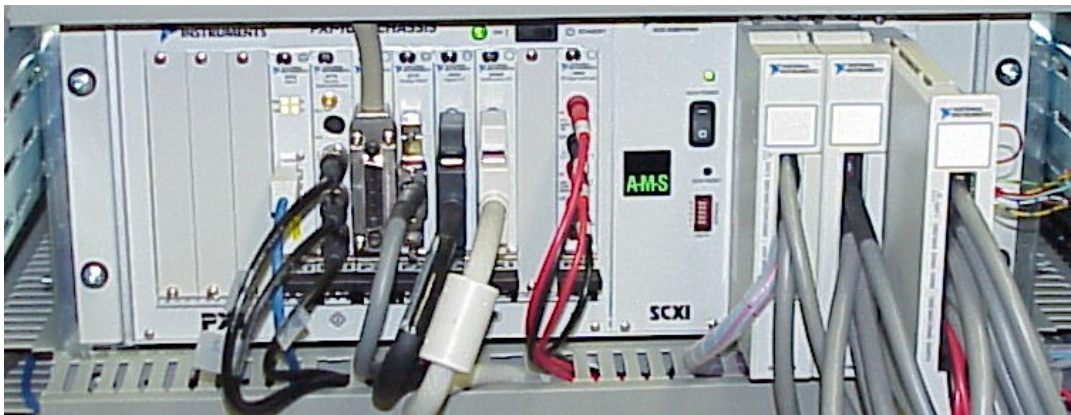


Bild 5: Photo und schematische Darstellung des integrierten PXI/SCXI-Systems

Im Bild 5 ist ein Ausschnitt aus Bild 4 zur besseren Beschreibung der Meßtechnik dargestellt, die aus folgenden Komponenten mit ihren Funktionen besteht:

- PXI-1010: PXI-Überrahmen mit 8 Steckplätzen für PXI-Module und 4 Steckplätzen für SCXI-

Module

- PXI-8330: MXI-3-Controller zum Betrieb des PXI-Systems vom Prüfstands-PC
- PXI-GPIB: GBPI-Modul zum Anschluß der externen Geräte Hameg-Spannungsquelle und Thermostream
- NI-5112: Zwei-Kanal-Oszilloskop mit 100 MHz für die Auswertung schneller Signale
- PXI-6713: DAC-Modul zur analogen Ansteuerung der Kepco-Stromquellen
- PXI-6533: Digital I/O-Modul zum Anschluß und Betrieb der bitseriellen Schnittstelle des Prüflings
- PXI-6040: Multi-DAQ-Modul zur Aufnahme von analogen und digitalen Überwachungssignalen aus der Sensor-Prüfbox
- PXI-4060: Multimeter-Modul zur Messung statischer Spannungen und Ströme sowie zur Anbindung des SCXI-Busses an den PXI-Bus
- SCXI-1160: Switch-Modul zur gesteuerten und schnellen Auf- und Abschaltung von Versorgungsspannungen
- AMS-01: Adapter-Modul zur Aufnahme einer spezifischen Schaltung zum Betrieb der digitalen Schnittstelle des Prüflings und zur Aufbereitung des Thermocouple-Signals
- SCXI-1129: Matrix-Modul (8x32) für die Aufnahme der Schnittstelle des Prüflings und die steuerbare Verteilung der einzelnen Anschlüsse zu den Ein- oder Ausgängen der einzelnen Meßgeräte.

Ein Teil der PXI-Module, d.h. das Scope- und das Multimeter-Modul, können entweder in dem automatischen Prüfablauf integriert oder zusätzlich durch eigene Frontpanels im Stand-alone-Betrieb als Meßgeräte benutzt werden.

Prüfsoftware

Um die Flexibilität der hier vorgestellten und ähnlich komplexer Prüfstands-Hardware voll ausnutzen zu können, wurde die stark modular aufgebaute, universelle Software LabNet mit LabVIEW unter Windows NT entwickelt.

LabNet wird für die Qualitätsprüfung der Prüflinge eingesetzt, womit die Messung von relativ vielen Parametern in einem automatisiertem Ablauf gemeint ist. Es stellt eine allgemeine Umgebung für die Ausführung frei definierbarer Steuerskripte, das Visualisieren und Archivieren der Daten, sowie eine Schnittstelle zu den Geräte-Steuermodulen zur Verfügung. Die Steuerskripte können mit Hilfe eines in LabNet integrierten Skript-Editors und -Interpreters entwickelt und getestet werden. Unterschiedliche Prüflinge und deren Vielzahl an Parametern wird durch Excel-basierte, prüflingspezifische Parameterlisten erfaßt.

Die eigentliche Kommunikation mit der Meßtechnik-Hardware (Steuern und Messen) wird in den Geräte-Steuermodulen realisiert (LabVIEW). Diese sind ans LabNet dynamisch angeschlossen (LabVIEW VI-Server). Somit können bei Bedarf weitere Geräte-Steuermodule hinzugefügt bzw. die bestehenden modifiziert werden, ohne daß das Hauptprogramm (LabNet) neu kompiliert werden müßte. Damit ist der Einsatz von LabNet auf verschiedenen Prüfständen und unter sich weiterentwickelnden Anforderungen erzielt, was die Akzeptanz beim Anwender deutlich steigert.

Die Benutzung des MAX (Measurement and Automation Explorer), speziell der dort definierbaren virtuellen Kanäle, kommt diesem Ansatz durch den hohen Abstraktionsgrad entgegen.

Ein zentrales Software-Modul ist die Kommunikation mit dem KMA200-Sensor über die bitserielle Schnittstelle (SPI). Das SPI-Protokoll wurde unter Einsatz der schnellen digitalen I/O-Karte realisiert, deren Fähigkeit programmierbare Bitfolgen (Pattern) zu generieren, zu speichern und auszuführen, benutzt wird.

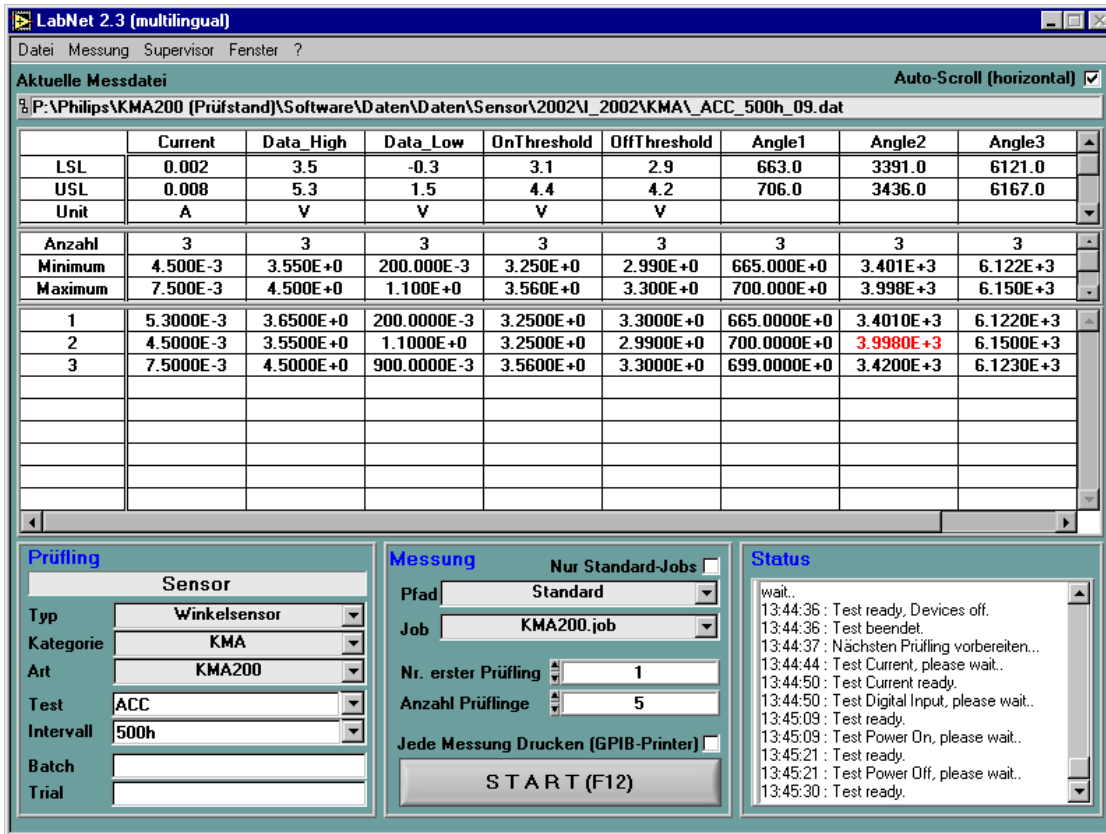


Bild 6: Oberfläche der LabNet-Software für den automatischen Prüfablauf

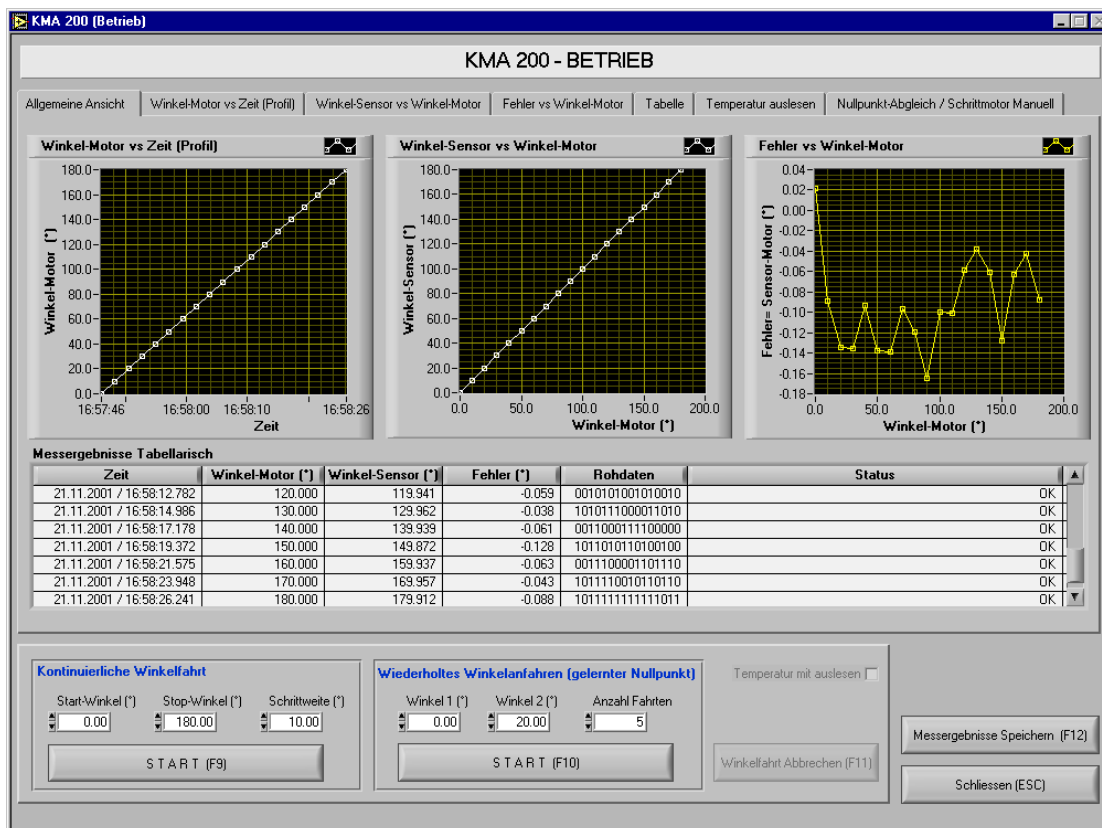


Bild 7: Oberfläche der KMA-SLH Software für den Betriebs-Modus

Neben der Qualitätsprüfung mit Hilfe von LabNet können mit einer speziellen Software (KMA200-SLH, siehe Bild 7) direkte, „manuelle“ Programmierungen, Messungen und Untersuchungen an den Sensoren vorgenommen werden. Diese Software nutzt einige der für LabNet entwickelten Geräte-Steuermodule.

Zusammenfassung

Der hier vorgestellte Prüfstand zeichnet sich durch seine komplexe und hochintegrierte Prüf- und Meßtechnik aus. Der PXI-Gerätestandard von National Instruments erleichtert dabei nicht nur die komfortable hardware-seitige Integration sondern auch die einfache Anbindung an der mit LabVIEW erstellten Prüfsoftware, wobei auch die unter LabVIEW zur Verfügung stehenden Gerätetreiber und der MAX ihren Teil beitragen. Die VI-Server-Eigenschaft von LabVIEW führte zu dem LabNet-Konzept für die Realisierung der Prüfsoftware, die sich inzwischen bei der Realisierung mehrerer Prüfstände bewährt hat.