

Abschlussbericht

standardisiertes Industriesensorsystem

Autoren:

Dipl.-Ing. K. Schlegel
TOSS GmbH, Potsdam

Anteilig gefördert durch das Förderprogramm „Produkt und Verfahrensinnovation“
des Bundeslandes Brandenburg und der Europäischen Union.

**Projektthema: Entwicklung eines intelligenten, standardisierten
Industriesensorsystems mit automatischer Kalibrierung für
die Klimamesstechnik**

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	2
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben begonnen wurde	2
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	3
4. wissenschaftliche und technische Ausgangssituation	6
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
6. erzielte Ergebnisse, voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit	8
7. Fortschritte anderer Stellen auf diesem Gebiet	8
8. Veröffentlichungen	8

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Themas der Produkt- und Verfahrensinnovation wurde auf der Basis eines leistungsfähigen und preiswerten Signalprozessors der Firma Maxim ein Komplettsystem zur Herstellung und automatischen Kalibrierung intelligenter, standardisierter Industriesensoren für die Klimamesstechnik entwickelt. Dazu wurden die nachfolgenden Aufgabenstellungen sowohl unter technologischen als auch finanziellen (zukünftige Herstellungskosten der Systeme) Aspekten bearbeitet:

1. Entwicklung und Test eines flexiblen, standardisierten Sensordesign,
2. Entwicklung und Test von Verfahren zum Temperaturabgleich über dem kompletten Sensorsystem,
3. Entwicklung, Herstellung und Test eines Gerätes zur gleichzeitigen automatischen Kalibrierung von mindestens 20 Sensoren,
4. Entwicklung und Optimierung von Algorithmen zur Abbildung von Kennlinienscharen auf eine eindimensionale Übertragungsfunktion.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben begonnen wurde

Die Firma TOSS GmbH wurde 1990 von 4 ehemaligen Mitarbeitern des wissenschaftlichen Gerätebaus des Institutes für Agrartechnik Bornim gegründet. Seit der Gründung sind die Hauptbetätigungsfelder der Spezialgerätebau auf den

verschiedensten Gebieten, die Entwicklung und Fertigung von Sensoren und automatischen Wetterstationen für die Klimadatenerfassung unter den verschiedensten Nutzeranforderungen und die Entwicklung und Fertigung von intelligenter Meß- und Automatisierungstechnik. Eine ausführliche Übersicht über die Tätigkeit unserer Firma ist auf unserer Internet-Präsenz unter www.toss.de zu sehen.

In den Jahren vor 2004 war die Nachfrage nach kompletten Wetterstationen etwas zurückgegangen. Dagegen wuchs die Zahl der Anfragen nach Einzelklimasensoren mit einem Standardausgang 4..20mA stetig an. Diese Anfragen kamen aus einer Vielzahl von Anwendungsgebieten, wie Industrieautomatisierung, Gebäudeautomatisierung, Heizung/Lüftung/Klima-Regelung und allgemeine Klimadatenerfassung. Um dieser Nachfrage nach präzisen, kostengünstigen und effektiv herzustellenden Sensoren gerecht zu werden haben wir uns entschlossen, im Rahmen des Vorhabens ein solches Klimasensorsystem zu entwickeln.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Für die Projektdurchführung waren insgesamt 22 Monate vorgesehen. Nach der Genehmigung zum vorzeitigen Beginn, haben wir am 01.09.2004 planmäßig mit den Arbeiten am Thema begonnen.

Intensiv wurde nach einem geeigneten Mitarbeiter für die zu besetzende Stelle eines Elektronikfacharbeiters gesucht. Diese Suche gestaltete sich problematischer, als wir gedacht hatten. Trotz sehr vieler Bewerbungsgespräche ist uns die Besetzung des Arbeitsplatzes erst im April 2005 gelungen.

Zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Standes wurde gleich mit dem Start des Vorhabens eine ausführliche Patentrecherche mit dem Thema „Automatische Kalibrierung intelligenter, standardisierter Industriesensorsysteme“ in Auftrag gegeben. Der Umfang, die Quellen und die Ergebnisse können im Abschnitt 4 diese Berichtes nachgelesen werden.

Zur Ermittlung und Berücksichtigung der Anforderungen an ein solches Sensorsystem erfolgten ebenfalls Beratungen und Gespräche mit potentiellen Kunden / Anwendern. Gute und hilfreiche Informationen erhielten wir auch von den anderen Mitgliedern des Unternehmens-Netzwerkes Präzisionssensorik.

Ausgehend von diesen Recherchen und der Anforderungsdefinition wurde das Entwicklungskonzept festgelegt und mit den betroffenen Mitarbeitern ausführlich diskutiert. Schwerpunkt dieser Beratungen waren die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an das zu entwickelnde Sensorsystem und die entsprechenden Umsetzungsmöglichkeiten.

Im Rahmen des Themas wurden Sensoren mit einem 4-20mA-Ausgang für folgende Klimaparameter:

- Lufttemperatur,
- rel. Luftfeuchte,
- Luftdruck,

- Differenzluftdruck,
- Beleuchtungsstärke,
- Globalstrahlung,

auf Basis des speziellen Signalprozessors MAX1452 entwickelt und zur Fertigungsreife gebracht. Dabei lag der besondere Schwerpunkt darauf, dass die Sensoren so entwickelt wurden, dass ein vollautomatischer PC-gestützter Abgleich erfolgen kann, damit kostenoptimal die spätere Serienfertigung der verschiedenen Sensoren erfolgen kann.

Der Schaltungsentwurf für die einzelnen Sensortypen auf dem Signalprozessor MAX1452 basierend, die Auswahl der geeigneten Bauelemente und Sensorelemente wurde planmäßig abgeschlossen. Dazu wurden Sensorbauelemente verschiedener Anbieter hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit und der technischen Parameter untersucht. Eine Überarbeitung einzelner Details war aber im Laufe der weiteren Entwicklung und Erprobung der Sensoren notwendig und ist auch im Rahmen der anschließenden Fertigung und Weiterentwicklung nicht auszuschließen. Die Festlegung auf sensorspezifische Gehäuseformen ist erfolgt. Dabei kamen Standardgehäuse mit selbstkonstruierten Zusatzteilen, wie zum Beispiel der Lichteintrittsdom für die Strahlungssensoren, sowie auch komplette Eigenkonstruktionen (Gehäusekörper für Lufttemperatur, rel. Luftfeuchte) zur Anwendung. Es wurden entsprechende Fertigungsbetriebe ausgewählt und die konstruktiven Lösungen hinsichtlich einer optimalen und kostengünstigen Fertigbarkeit mit ihnen abgestimmt. Diese Betriebe sind auch in Lage, größere Stückzahlen ökonomisch für uns herzustellen. Das Leiterplattenlayout wurde mehrfach hinsichtlich der schaltungstechnischen und funktionspezifischen Anforderungen und der Anforderungen an die Gehäuseformen optimiert. Durch Internetrecherchen und Vergleich verschiedener Anbieter wurde ein günstiger Leiterplattenfertiger gefunden, der uns ein gutes Preis- Leistungsverhältnis bietet. Mit Microcirtec haben wir einen Fertiger ausgewählt der einen günstigen Preis bei Muster-, Kleinserien sowie auch bei größeren Stückzahlen bietet. Bisher haben auch die Qualität der gelieferten Leiterplatten und die Lieferzeiten unseren Vorstellungen entsprochen.

Durch umfangreiche Testserien haben wir die Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit der einzelnen Sensoren überprüft und optimiert.

Die Entwicklung der einzelnen Sensoren ist abgeschlossen. In Zukunft werden Aufgaben zur Optimierung und zum Ersatz von einzelnen Bauelementen, die aus verschiedenen Gründen in der bisherigen Form nicht mehr beschaffbar sind, anfallen.

Für den automatischen Abgleich wurden die entsprechenden Strategien erarbeitet und entwickelt. Dabei arbeiteten wir intensiv mit der Universität Potsdam bei der Entwicklung und Optimierung von Algorithmen zur Abbildung von Kennlinienscharen auf eine eindimensionale Übertragungsfunktion zusammen. Diese Zusammenarbeit war sehr fruchtbringend für die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens.

Die theoretisch erarbeiteten und entwickelten Abgleichstrategien wurden in entsprechende Softwaremodule umgesetzt. Diese Module wurden in diversen Testläufen überprüft und mußten ihre Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit unter

Beweis stellen. Es waren umfangreiche Arbeiten notwendig, um diese Eigenschaften zu gewährleisten, denn nur wenn diese Abgleichfunktionen zuverlässig und automatisch, ohne den Eingriff durch Menschenhand arbeiten ist eine zuverlässige Sensorfertigung erreichbar.

Dazu mußte auch auf die speziellen Eigenschaften des neuen Klimaprüfschranks eingegangen werden. Speziell das Einschwing- und Regelverhalten mußte in die Softwaremodule eingearbeitet werden.

Der automatische Abgleich von Einzelsensoren für die Lufttemperatur und die rel. Luftfeuchte wurde erfolgreich umgesetzt. Die erarbeiteten Lösungen arbeiten zuverlässig und stabil. Die beiden Sensortypen werden hinsichtlich zweier Funktionen abgeglichen.

1. Erfassung der Übertragungsfunktion des eigentlichen Meßsignals (Temperatur, rel. Feuchte)
2. Abgleich der Temperaturkompensation über den gesamten Betriebstemperaturbereich.

Die Sensoren für Luftdruck, Differenzluftdruck, Beleuchtungsstärke, Globalstrahlung und Blattnässe werden mit entsprechend entwickelten Softwaremodulen hinsichtlich der Temperaturkompensation über den gesamten Betriebstemperaturbereich automatisch kalibriert. Die Strahlungssensoren für Globalstrahlung und Beleuchtungsstärke werden im Klimaschrank automatisch hinsichtlich des Dunkelstromes temperaturkompensiert.

Die Strategien für den automatischen Abgleich der Luftdrucksensoren wurden durch uns erarbeitet und in ein entsprechendes Softwaremodul umgesetzt. Zu Test- und Entwicklungszwecken haben wir den Luftdruck mit einem Handgerät eingestellt und dann den Sensor entsprechend eingestellt. Dies ist aber für den automatischen Abgleich völlig ungeeignet.

Da wir kein pc-ansteuerbares Abgleichdruckvorgabegerät, welches unseren Vorstellungen und Anforderungen entsprach, gefunden haben, sind wir dazu übergegangen, im Rahmen dieses Vorhabens ein eigenes Gerät zum Abgleich unserer Sensoren zu entwickeln. Dieses Gerät ist erfolgreich fertiggestellt worden und einsatzfähig. Mit diesem mikroprozessorgesteuerten Druckvorgabegerät, einem pc-auslesbaren Druckmessgerät, welches sehr präzise arbeitet und der durch uns erstellten Steuersoftware ist dann der automatische Abgleichplatz für die Luftdrucksensoren und Differenzluftdrucksensoren entstanden, der es ermöglicht, in Zusammenarbeit mit einem Klimaschrank und einem Präzisionsstrommeßgerät diese zeitoptimiert zu kalibrieren.

Weiterhin wurde ein Abgleichplatz zum Kalibrieren der Beleuchtungsstärke- Und Globalstrahlungssensoren in geschlossenen Räumen entwickelt und aufgebaut. Hier wird der entsprechende Sensor unter einer sehr starken und homogenen Strahlungsquelle mit Hilfe eines kalibrierten Referenzpyranometers auf den Endwert abgeglichen.

Die Entwicklung und der Aufbau dieses Abgleichplatzes gestaltete sich schwieriger, als wir erwartet hatten, da beide Sensortypen (Beleuchtungsstärke und Globalstrahlung) mit dem gleichen System abgeglichen werden sollten. Nach vielen Modifizierungen ist es uns gelungen, den Abgleichplatz entsprechend zu gestalten.

Ein weiterer wichtiger Punkt des Vorhabens stellt die Entwicklung und Realisierung

der Hard- und Software für den parallelen Abgleich von bis zu 20 gleichartigen Sensoren an. Dies betrifft den Abgleich der Sensoren für Temperatur, rel. Luftfeuchte, Luftdruck und die Temperaturkompensation des Dunkelstroms für die Strahlungssensoren. Nur so können diese Sensoren effektiv und kostengünstig kalibriert werden.

Im Rahmen des Vorhabens wurden durch uns die theoretischen Strategien und die hardwaretechnische Voraussetzungen für diesen Parallelabgleich erarbeitet und in entsprechende Geräte und Softwaremodule umgesetzt. In vielen Test haben wir die Strategien überarbeitet und betriebssicher gemacht. Nach der erfolgreichen Fertigstellung können wir nun zeitgleich mehrere Sensoren abgleichen und so auf entsprechende Nachfragen kurzfristig reagieren.

Alle notwendigen vorhabenspezifischen Anschaffungen sind entsprechend der zeitlichen Erfordernissen getätigt worden. Ganz besonders wichtig war der neue Klimaprüfschrank.

Die im Verlauf des Vorhabens entstandenen Prototypen wurden mehrfach überarbeitet und dienen heute als Anschauungsobjekte in unserem Hause.

4. wissenschaftliche und technische Ausgangssituation

Zur Bestimmung der wissenschaftlichen und technischen Ausgangssituation erfolgte eine sehr ausführliche Patent-Recherche zum Stand der Technik mit dem Thema „Automatische Kalibrierung intelligenter, standardisierter Industriesensorsysteme“. Mit diesen Recherchen beauftragten wir die TIKO GmbH. Dabei wurden folgende Quellen genutzt.

Recherchierte Datenbanken: DEPATISnet
 Patft.uspto.gov
 Esp@cenet
 DPIInfo des Deutschen Patent- und Markenamtes
 Epoline.org

Der recherchierte Länderumfang betraf: Europäische Patente,
 PCT-Patente,
 USA-Patente,
 Deutsche Patente.

Der Recherchezeitraum umfasst: Europäische Patentorganisation ab 1978
 Deutschland ab 1967
 Vereinigte Staaten von Amerika ab 1968
 WIPO ab 1978

DEPATISnet:

EP- und WO- Patentschriften sind ab 1978 recherchierbar, alle anderen Länder ab 1973. Die Datenbank wird täglich aktualisiert.

STN:

Die Datenbanken werden wöchentlich aktualisiert.

Patft.uspto.gov:

Die Aktualisierung erfolgt täglich. Recherchierbar sind erteilte US- Patente seit 1976 im Volltext sowie publizierte Anmeldungen seit 15.03.2001

Epoline.org

Ständige Aktualisierung

Da die Recherche zu einem bestimmten Zeitpunkt (siehe erfasst bis) erfolgte, konnte auch nur der Stand der Technik bis zu diesem Datum ermittelt werden.

Weiterhin wurde in folgenden Klassen der Internationalen Patentklassifikation in Zusammenhang mit den Schlagworten recherchiert:

G01D 003/028, 021/00, 5/241; G01K 15/00; A61B 5/0215; G01B 21/04; G01N 25/62, 33/00; H01S 3/103; G06K 9/00; G07D 7/00; B01L 7/02; G01J 1/44; H03F 1/32; G06F 019/00

Das gesamte Gebiet ist intensiv bearbeitet worden.

Das äussert sich u. a. durch die umfangreichen Rechercheverknüpfungen der einzelnen Schlagworte auch in Kombination mit den relevanten Klassen der IPC. Die hohe Trefferquote bei einzelnen Suchkombinationen ist so zu interpretieren, dass es auf diesem Gebiet viele Detaillösungen gibt, die aber nicht alle zu den gesuchten Begriffen zuzuordnen sind.

Die Suchkombinationen mit den sehr hohen Trefferquoten sind so zu interpretieren, dass nicht alle Lösungen zum Entwicklungsthema gehören. Es sind viele Detaillösungen zu Sensoren und zum Thema Kalibrierung angegeben, die nicht nur den Temperatenausgleich betreffen. Es sind auch viele andere Bereiche mit erfasst worden, wie z.B. die Medizintechnik oder die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik im Industriebereich, was aber nichts mit dem gesuchten Sensorsystem mit automatischer Kalibrierung in Verbindung gebracht werden kann.

Ergebnisse: Es wurden zahlreiche Schutzrechte zur Kalibrierung von Klimasensoren ermittelt. Neben mechanischen Lösungen sind auch mathematische Modelle in Patenten veröffentlicht worden. Eine identische Lösung, in der alle Parameter mit dem Entwicklungsvorhaben übereinstimmen, wurde nicht ermittelt. Das angestrebte Ergebnis ist somit **im patentrechtlichen Sinne neu.**

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Vorhabens arbeiteten wir bei der Entwicklung und Optimierung von Algorithmen zur Abbildung von Kennlinienscharen auf eine eindimensionale Übertragungsfunktion intensiv mit der Mathematisch- Naturwissenschaftlichen Fakultät, dem Institut für Mathematik der Universität Potsdam zusammen. Diese Zusammenarbeit war ein wichtiger Bestandteil für die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens.

6. erzielte Ergebnisse, voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit

Nach dem planmäßigen Abschluß des Vorhabens können wir einschätzen, dass die geplanten Ziele durch uns erreicht wurden. Bei der Bearbeitung des Vorhabens stellte sich heraus, dass der geplante Zeitrahmen nicht ausreichend war. So mußten wir eine kostenneutrale Verlängerung des Vorhabens beantragen.

Im Rahmen des Vorhabens entstanden für unsere Firma eine Reihe von neuen, qualitativ hochwertigen Produkten, die den aktuellen Marktanforderungen entsprechen und effektiv und kostengünstig durch uns produzierbar sind. Seit Anfang dieses Jahres bewerben wir die neuen Klimasensoren vorrangig im Internet auf unserer Internetpräsenz mit den entsprechenden Datenblättern. Durch gezielte Anmeldungen bei den Suchmaschinen ist es uns gelungen, unsere Produkte weit vorne zu plazieren. Dies ist auch durch die in diesem Jahr stark angestiegene Zahl von Angebotsanfragen belegbar. Die Verkaufszahlen entwickeln sich aus unserer Sicht ebenfalls positiv. Über die erreichten Verkaufszahlen kann zum Jahresende eine erste Bilanz gemacht werden.

Durch Kundenanfragen sind wir darauf aufmerksam geworden, dass wir durch die verschiedensten Kombinationen der im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten Einzelsensoren in einem gemeinsamen Gehäuse einen weiteren Kundenkreis erschließen können. So bieten wir auf unserer Internetseite einige Kombisensoren mit Standardausgang an. Wir sind nun auch in der Lage, ganz kundenspezifische Kombinationen zu fertigen.

Die Durchführung des Vorhabens hat in unserem Unternehmen einen Arbeitsplatz geschaffen, der auch nach der Beendigung von Bestand ist.

7. Fortschritte anderer Stellen auf diesem Gebiet

Im Rahmen der Arbeiten und Studien zu diesem Vorhaben sind uns keine Fortschritte anderer Stellen auf diesem Gebiet bekannt geworden.

8. Veröffentlichungen

Bisher sind noch keine speziellen Veröffentlichungen der Ergebnisse des Vorhabens

erfolgt. Interessierten Stellen im Land Brandenburg können wir die Ergebnisse in wesentlichen Teilen in einer angemessenen Weise veröffentlichen. Wir beabsichtigen diese Ergebnisse auch auf unseren Internetseiten zu präsentieren.

Im Ergebnis der Durchführung des Vorhabens entstanden für unser Unternehmen neue konkurrenzfähige Produkte. Zudem führte es zur Schaffung eines neuen Arbeitsplatzes und zur Sicherung bestehender Arbeitsplätze in unserem Unternehmen.

Somit haben wir das Vorhaben erfolgreich abgeschlossen.

Dipl.-Ing. Karsten Schlegel

Dr.Ing. Bernd Thinius