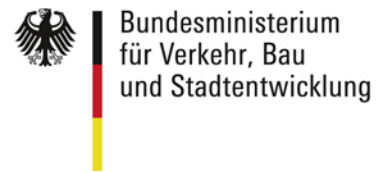




Nationales Innovationsprogramm
Wasserstoff- und
Brennstoffzellentechnologie

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht zum Verbundprojekt

H2CPI: Hocheffizienter, schadstoffarmer H2-Verbrennungsmotor mit kryogener Saugrohrenblasung als leistungsstarker Fahrzeugantrieb

Auftragnehmer:

AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH

Förderkennzeichen:

03BV106A

Förderzeitraum:

01.03.2009 – 31.01.2011

Berichtszeitraum:

01.03.2009 – 31.01.2011

Werdohl, den 01. Februar 2011



AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Gesamtziel des Vorhabens.....	4
2	Technische Beschreibung der verwendeten Entwicklungswerkzeuge und Komponenten	4
2.1	Motorsteuerungsplattform <i>PROtroniC</i>	4
2.2	Mess- und Applikationssystem <i>MARC</i>	5
2.3	Entwicklungsumgebung Funktionssoftware	6
2.4	Verbrennungsmotor.....	6
2.5	Weitere wichtige Komponenten und Messgeräte	7
3	Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse.....	8
3.1	AP 3 Motorsteuerung	8
3.1.1	AP 3.1 Schnittstellendefinition	8
3.1.2	AP 3.2 Funktionsstrategie	13
3.1.3	AP 3.3 Umsetzung Software.....	14
3.1.4	AP 3.4 Softwaretesting	15
3.1.5	AP 3.5 Prüfstandsintegration	17
3.1.6	AP 3.6 Anpassungen und Support	19
3.1.7	AP 3.7 Dokumentation.....	20
4	Ergebnis und Ausblick.....	21

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: PROTRONIC	5
ABBILDUNG 2: MARC – OBERFLÄCHE MIT MODELNAVIGATOR	6
ABBILDUNG 3: PROJEKTSTRUKTUR	8
ABBILDUNG 4: ANSCHLUSSPLAN PROTRONIC	10
ABBILDUNG 5: KONFIGURATORÜBERSICHT DER ANALOGEINGÄNGE	11
ABBILDUNG 6: ACI-BLOCK INDIZIEREINGANG	12
ABBILDUNG 7: ACI-BLOCK THERMODYNAMIKEINGANG	13
ABBILDUNG 8: BEDIENOBERFLÄCHE MARC-KONFIGURATION	14
ABBILDUNG 9: INJEKTOREN	15
ABBILDUNG 10: ANSTEUERSIGNAL INJEKTOR	15
ABBILDUNG 11: PASSIVE SERIEN-ZÜNDSPULEN	16
ABBILDUNG 12: EXTERNE ZÜNDENDSTUFE	16
ABBILDUNG 13: BREAKOUT-BOX	17
ABBILDUNG 14: SCHEMATISCHER PRÜFSTANDSAUFBAU GRAZ	18
ABBILDUNG 15: MARC-DARSTELLUNG VERGLEICH DER APPLIKATIONSGRÖßEN	19

1 Motivation und Gesamtziel des Vorhabens

Motivation und Gesamtziel des Kooperationsprojektes H2CPI war es, ein Brennverfahren für einen aufgeladenen, fahrzeugtauglichen Wasserstoffverbrennungsmotor mit kryogener Saugrohrenblasung zu entwickeln. Dieses Verfahren beruht auf der tiefkalten Eingassung von Wasserstoff in das Saugrohr eines Verbrennungsmotors. Die angesaugte Luft wird dadurch stark abgekühlt und so die Dichte des Wasserstoff-Luft-Gemisches insgesamt erhöht. Die Folge ist ein erhöhter volumetrischer Heizwert des Kraftstoff-Luft-Gemisches. Auf diese Weise lassen sich Leistungsdichte und Wirkungsgrad des Motors deutlich verbessern.

In dem beantragten Vorhaben (dem deutschen Teil des Gesamtprojektes) sollten spezielle Funktionen für die Steuerung bzw. Regelung der kryogenen Saugrohrenblasung und neuartige Betriebsstrategien für einen Verbrennungsmotor mit Wasserstoffbetrieb entwickelt und in ein Prototypenmotorsteuergerät integriert werden. Das Gesamtergebnis des transnationalen Projektes sollte ein fahrzeugtauglicher H₂-Verbrennungsmotor mit hoher Leistungsdichte und hohem Wirkungsgrad sein. Ein solcher Verbrennungsmotor soll als Teil eines innovativen Hybridantriebskonzeptes in einem Konzeptfahrzeug Verwendung finden, welches eine marktfähige Alternative im Bereich der Niedrigstmissionsfahrzeuge darstellen wird.

2 Technische Beschreibung der verwendeten Entwicklungswerkzeuge und Komponenten

2.1 Motorsteuerungsplattform *PROtronic*

Für die Anwendung in Entwicklungsprojekten hat die AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH mit Unterstützung der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV) das offene Motorsteuergerät *PROtronic* entwickelt. Dieses Prototypensteuergerät ist robust, kompakt und voll fahrzeugtauglich. Durch die offene und flexible Struktur des Steuerungssystems können Motoren in kürzester Zeit stationär am Prüfstand in Betrieb genommen werden. Zusätzlich können eigene Funktionen in das Steuergerät implementiert und so neue Ideen entwickelt und getestet werden.

Die *PROtronic* verfügt neben üblichen Ein- und Ausgängen für Sensoren und Aktuatoren auch über Klopfensoreingänge, Lambdasondeneingänge, CAN-Schnittstellen, Indizier- und Thermodynamikeingänge.



Abbildung 1: PROtronic

2.2 Mess- und Applikationssystem MARC

MARC ist ein universales Applikations- und Messsystem der AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH für automotive Steuergeräte. Alle Werkzeuge und Anwendungen der **MARC**-Workbench unterstützen die Organisation und Methodik, die für einen Entwicklungsprozess benötigt werden. Dabei werden alle Informationen (wie z. B. Messdaten, Verstellparameter, ...) und Konfigurationen in einer offenen Datenbank gespeichert. Als weiteres Modul bietet **MARC** den sogenannten Modell Navigator. Dieses Modul ermöglicht intuitives, ergonomisches Applizieren und Messen direkt aus der, wie in der MATLAB® / Simulink® gewohnten, Modellansicht. Dadurch sind für den Applikateur die funktionellen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Modellkomponenten direkt sichtbar. Lange Einarbeitungszeiten und Fehlinterpretationen von Funktionen können somit vermieden werden.

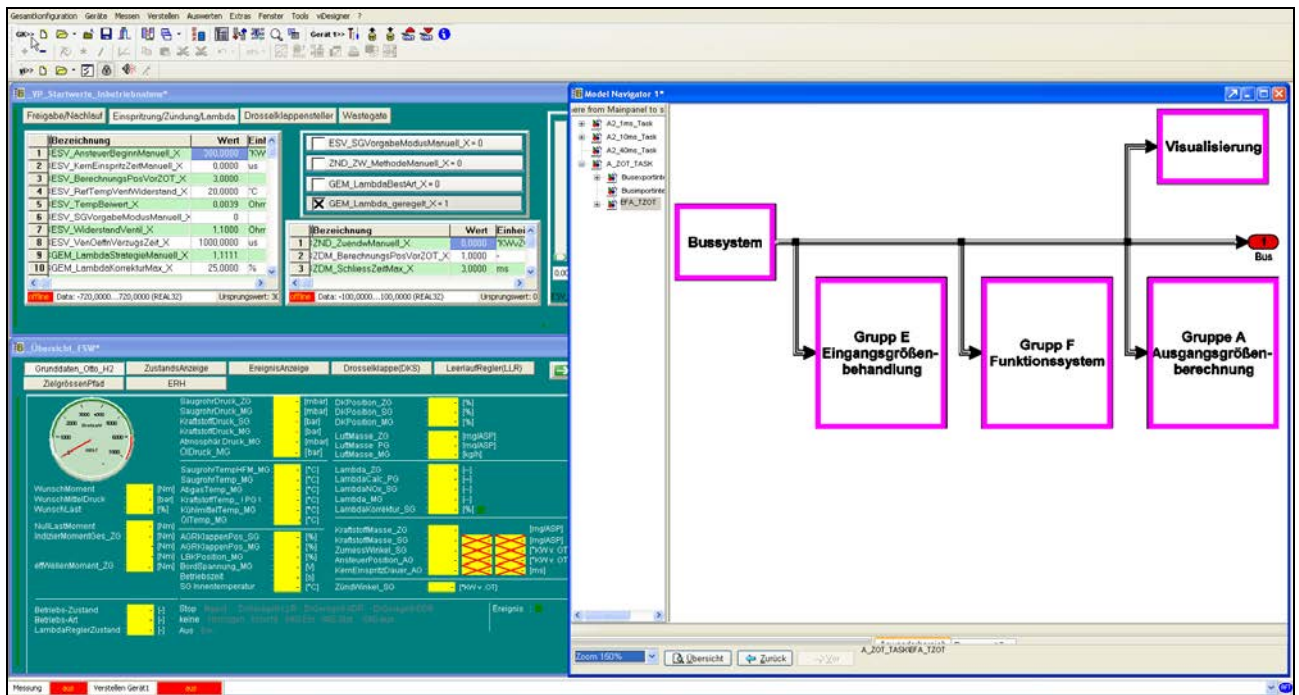


Abbildung 2: MARC – Oberfläche mit ModelNavigator

2.3 Entwicklungsumgebung Funktionssoftware

Die Entwicklung der Funktionssoftware erfolgte modellbasiert. Als Basis dafür wurde das Otto-Motor-Funktionsmodell der **PROtronic** verwendet, welches grundlegende Funktionen bereits beinhaltet. Als Entwicklungsumgebung wurde MATLAB® Version 7.0.4 der Firma The MathWorks in Zusammenhang mit dem Code-Generator TargetLink 2.0.7 der Firma dSPACE verwendet.

2.4 Verbrennungsmotor

Der verwendete Verbrennungsmotor, welcher unter anderem im MINI eingesetzt wird, besitzt folgende technische Daten:

Bezeichnung:	N18B16M0
Bauart:	R4
Hubraum:	1598 cm ³
Anzahl der Zylinder:	4
Ventil pro Zylinder:	4
Zündfolge:	1-3-4-2
Verdichtungsverhältnis:	10,5
Leistung:	135 kW bei 5500 min ⁻¹
Drehmoment:	240 Nm (260 Nm Overboost) bei 1700 min ⁻¹

Technische Highlights:

- Einlass- und Auslassnockenwellenverstellung (Vanos)
- Variable Ventilhubverstellung (VVT)
- Aufladung über Abgasturbolader

2.5 Weitere wichtige Komponenten und Messgeräte

Zusätzlich wurden folgende Komponenten und Messgeräte am Prüfstand eingesetzt:

- Eine Wirbelstrombremse in Kombination mit einer Asynchronmaschine zur Regulierung der Last bzw. zum Schleppen des Verbrennungsmotors
- Eine Abgasmessanlage zur Analyse der Emissionen
- Ein Indiziersystem zur Ermittlung der Zylinderdrücke
- Ein Stickstoffsystem zur Kühlung des Wasserstoffs
- Eine Prüfstandsteuerung zur Bedienung der Peripheriegeräte

3 Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

In den folgenden Unterpunkten sind, entsprechend der vorher geplanten Projektstruktur, die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse dokumentiert, die die geleisteten Arbeiten der AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH darstellen.

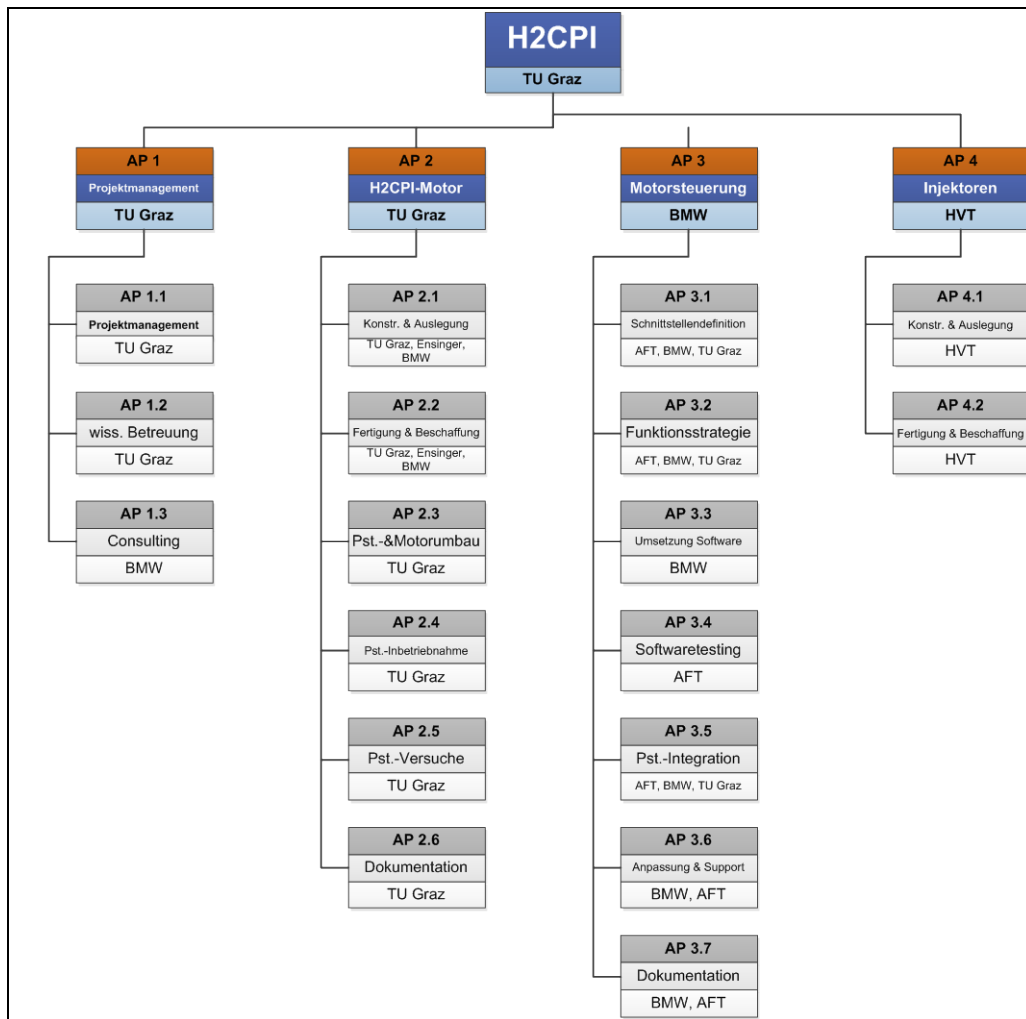


Abbildung 3: Projektstruktur

3.1 AP 3 Motorsteuerung

3.1.1 AP 3.1 Schnittstellendefinition

Für den verwendeten Verbrennungsmotor wurden im ersten Schritt alle für die Steuerung benötigten Sensoren und Aktuatoren sinnvoll ausgewählt und festgelegt.

Konfigurierte Sensoren und Aktuatoren:

- Zündmodule
- Eingasventile
- Pedalwertgeber
- H₂-Druck
- Luftmassenmesser
- Nockenwellenpositionssensoren (Einlass- und Auslassnockenwelle)
- Nockwellensteller (Einlass- und Auslassnockenwelle)
- Ventilhubverstellung
- Kurbelwellenpositionssensor
- Lambdabreitbandsonden
- Wastegate
- Saugrohrdruck
- Applikations-CAN
- Sensor-/Aktuator-CAN
- Prüfstandsteuerungs-CAN
- Indizierdruckeingänge
- Kühlmitteltemperatur
- Saugrohrtemperatur
- Klopfensoren
- Drosselklappensteller
- Drosselklappenpositionssensor
- Ladedruck
- H₂-Temperatur
- Ladedrucktemperatur
- Ansauglufttemperatur
- Abgastemperatursensor
- Turbo Cooling Pump
- Wasserpumpe
- Ölpumpe
- Öldruck

Auf der folgenden Übersicht ist schematisch dargestellt, wie die Sensoren und Aktuatoren an die **PROtroniC** angeschlossen wurden:

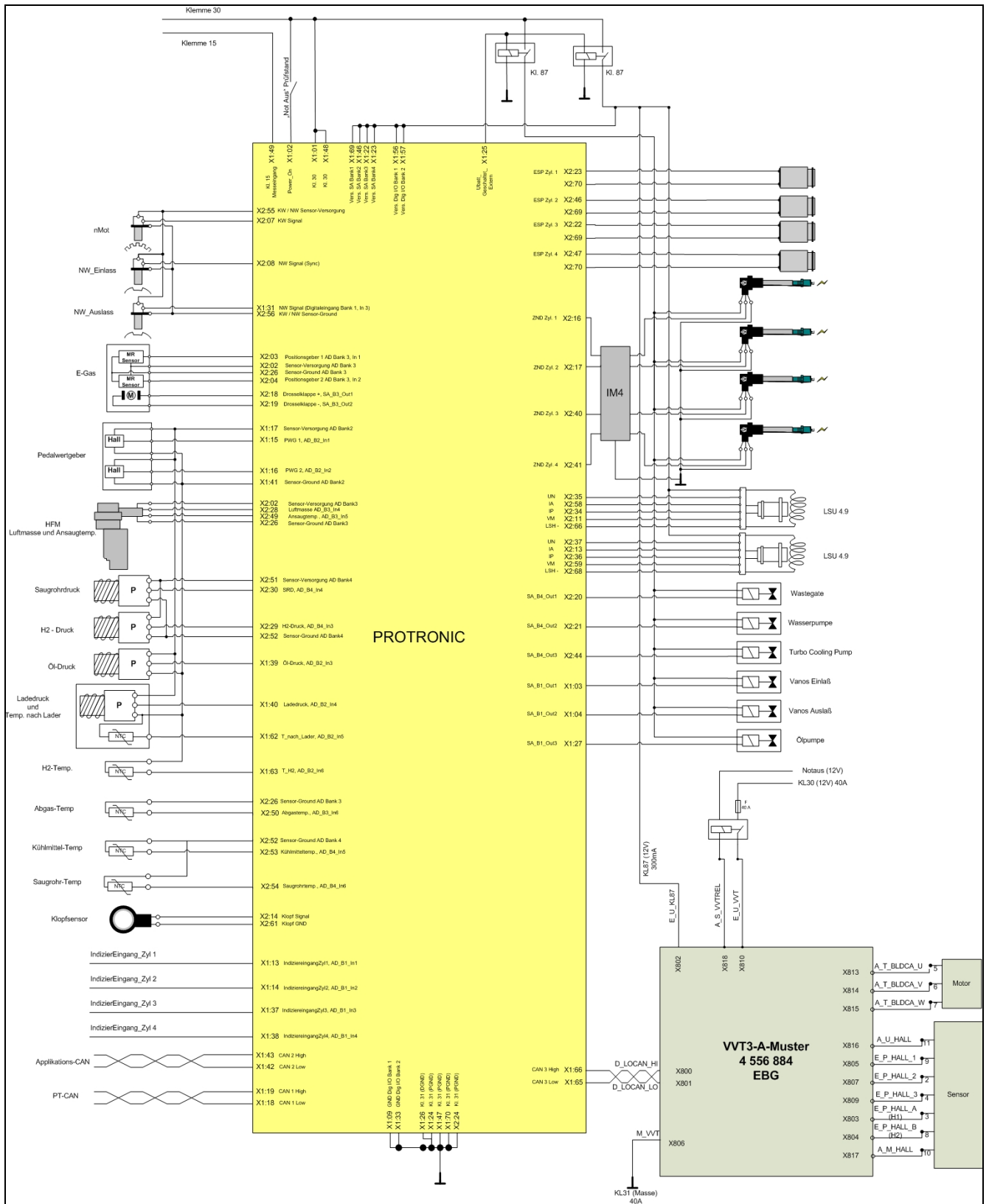


Abbildung 4: Anschlussplan PROtronic

Um alle Sensoren und Aktuatoren mit dem Steuergerät nutzen zu können, müssen sie entsprechend konfiguriert werden. Nachfolgend ist eine Abbildung des Konfigurators der **PROtronic** dargestellt. In der linken Spalte können die Kanäle aktiviert und in der mittleren Spalte entsprechend parametrisiert werden (hier: Analogeingänge / Indiziereingänge / Thermodynamikeingänge). In der rechten Spalte erscheint zusätzlich eine Dokumentation als Hilfestellung für den Anwender.

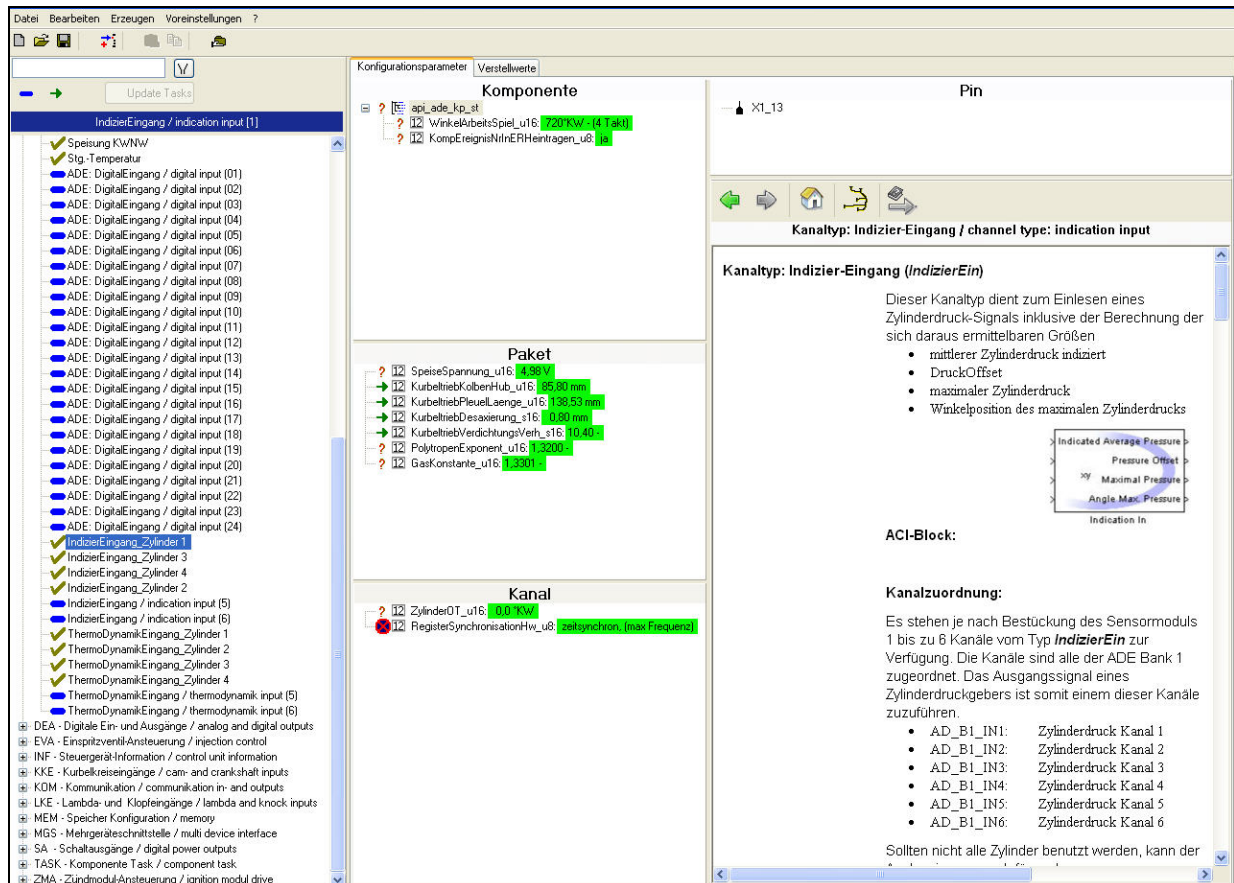


Abbildung 5: Konfiguratorübersicht der Analogeingänge

Da sich durch die Konstruktion des Verbrennungsmotors, der Anordnung der Sensoren und der sich ändernden Umgebungsbedingungen im Verbrennungsbetrieb teilweise unterschiedliche Füllungen der Zylinder untereinander ergeben, war es notwendig, eine Regelung aufzubauen, um eine Zylindergleichverteilung zu erreichen. Andererseits wäre ein hoher Applikationsaufwand bzw. eventuell nur in Grenzen möglich. Da die **PROtronic** die Möglichkeit bietet, den Zylinderdruck zu erfassen bzw. den Verbrennungsschwerpunkt zu berechnen, wurden im ersten Schritt die Indizier- und Thermodynamikeingänge konfiguriert und die daraus resultierenden Eingangssignale entsprechend als Messgrößen in die Funktionssoftware eingebunden.

Nachfolgend wird beschrieben, wie die Indizier- und Thermodynamikeingänge konfiguriert werden und welche physikalischen Größen für die Funktionssoftware zur Verfügung stehen.

Die Motorsteuerungsplattform **PROtronic** verfügt, je nach Bestückung, über bis zu sechs Indiziereingänge. Für den Forschungsmotor wurden entsprechend vier Indiziereingänge (ein Eingang pro Zylinder) verwendet. Als Eingangssignal kann eine Spannung von 0 – 10 V eingelesen werden. Die Eingangssignale liefert das Indiziersystem des Prüfstands, welches entsprechend dem Zylinderdruck ein Spannungssignal ausgibt. In der Systemsoftware der **PROtronic** werden dann pro 1° Kurbelwellenwinkel der mittlere indizierte Zylinderdruck, der Druck-Offset, der maximale Zylinderdruck und die Winkelposition des maximalen Zylinderdrucks berechnet und an die Funktionssoftware gesendet. Für die Berechnung müssen die entsprechenden Parameter wie Kolbenhub, Pleuellänge, Verdichtungsverhältnis, usw. vorher korrekt in den Konfigurator eingegeben werden. Zusätzlich wird eine Fehlerkorrektur bei der Messung des maximalen Zylinderdrucks durchgeführt, da aufgrund der Signallaufzeit ein Offset bei steigender Drehzahl entsteht.

Nachfolgend ist der ACI-Block des Indiziereingangs dargestellt, der die Schnittstelle zwischen Systemsoftware und Funktionssoftware bildet:

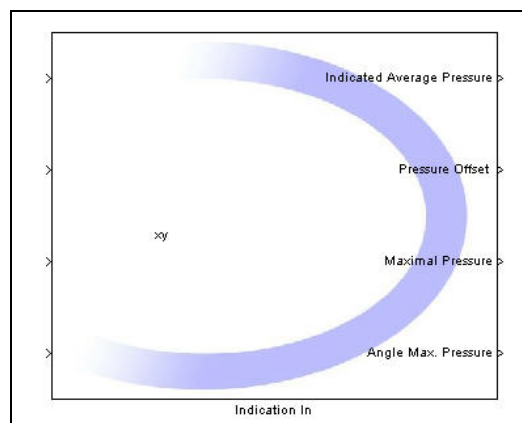


Abbildung 6: ACI-Block Indiziereingang

Bei Verwendung der Indiziereingänge können zusätzliche Thermodynamikfunktionen über die Thermodynamikeingänge in die Systemsoftware integriert und in der Funktionssoftware aufgerufen werden. Aufgrund der Zylinderdruckinformationen, der geometrischen Daten des Verbrennungsmotors und der thermodynamischen Größen kann somit der Energieumsatz eines jeden Zylinders pro Arbeitsspiel berechnet werden. An die Funktionssoftware werden drei physikalische Größen übergeben:

- der Kurbelwellenwinkel bei 5 % des Energieumsatzes (Brennbeginn)
- der Kurbelwellenwinkel bei 50 % des Energieumsatzes (Verbrennungsschwerpunkt)
- der Kurbelwellenwinkel bei 95 % des Energieumsatzes (Brennende)

Mit diesen Größen kann dann ein Regler aufgebaut werden, der den Verbrennungsschwerpunkt eines Zylinders pro Arbeitsspiel so regelt, dass der Verbrennungsmotor mit optimalen Wirkungsgrad betrieben werden kann.

Nachfolgend ist der ACI-Block des Thermodynamikeingangs dargestellt, der die Schnittstelle zwischen Systemsoftware und Funktionssoftware bildet:

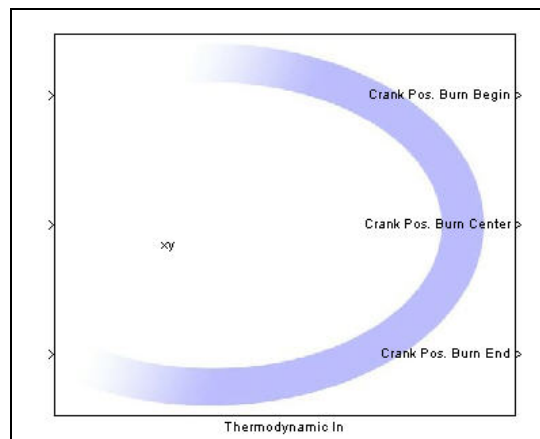


Abbildung 7: ACI-Block Thermodynamikeingang

Nachdem die Indiziereingänge konfiguriert wurden, wurde vom Entwicklungspartner BMW Forschung und Technik GmbH ein Regler entwickelt und in die Funktionssoftware implementiert. Dadurch ist es möglich, dass durch eine Lastvorgabe über das Fahrpedal ein indizierter Wunschlendruck pro Zylinder gefordert und eingeregelt wird.

3.1.2 AP 3.2 Funktionsstrategie

Zu Beginn des Projektes wurde eine erste Funktionsstrategie vom Entwicklungspartner BMW Forschung und Technik GmbH definiert und beschrieben. Im weiteren Projektverlauf wurde diese Funktionsstrategie entsprechend verfeinert.

Folgende Funktionen wurden definiert:

- Lastvorgabe über Pedalwertgeber
- Lambda-Regelung
- Zylindergleichstellung über PMI-Regelung
- Verstellung von Einlass- und Auslasssteuerzeiten (Vanos)
- Ventilhubverstellung (VVT)
- Manuelle Wastegateansteuerung
- Manuelle Drosselklappenansteuerung

- Zündmodulansteuerung mit Schließzeitkorrektur
- Eingasung mit Dichtekorrektur
- Softwarelimiter als Schutzfunktion

3.1.3 AP 3.3 Umsetzung Software

Im ersten Schritt wurde die vorhandene Basis-Funktionssoftware für Ottomotoren der **PROtronic** auf den verwendeten Verbrennungsmotor angepasst. Dazu wurden entsprechende Anpassungen wie z. B. Anzahl der Zylinder, verwendete Sensoren und Aktuatoren usw. vorgenommen. Des Weiteren wurde für die Funktionssoftware eine Konfiguration für das Mess- und Applikationsprogramm **MARC** erstellt, um alle Verstellparameter und Messgrößen applizieren bzw. messen zu können.

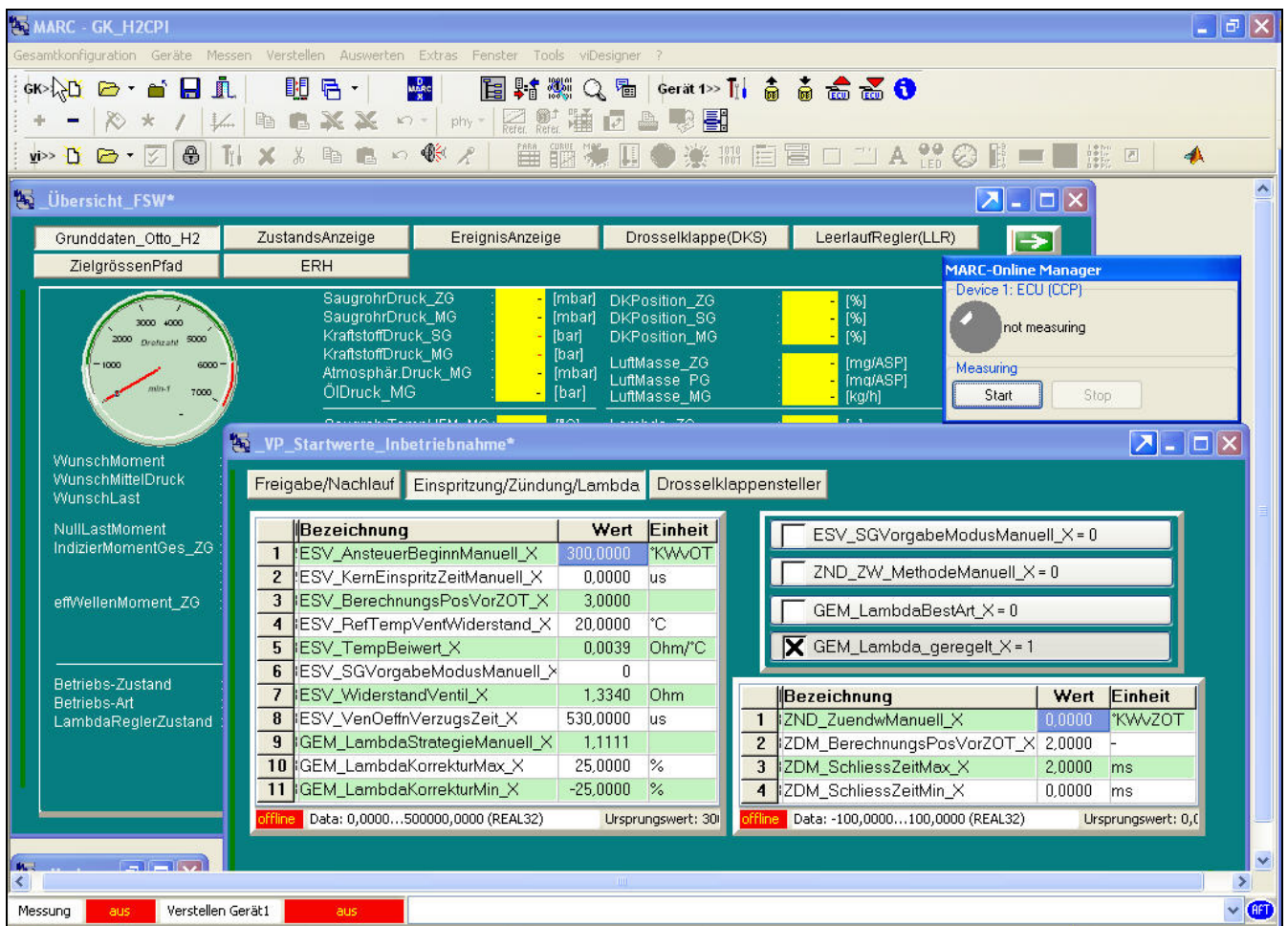


Abbildung 8: Bedienoberfläche MARC-Konfiguration

Nach Anpassung der Basis-Funktionssoftware an den verwendeten Verbrennungsmotor wurden alle weiteren Funktionsanpassungen vom Entwicklungspartner BMW Forschung und Technik GmbH vorgenommen.

3.1.4 AP 3.4 Softwaretesting

Die angepasste Basis-Funktionssoftware wurde zunächst am HiL-Testgerät getestet. So konnten vorab Sensorsignale simuliert und Aktuatoren wie Eingasventile und Zündmodule angesteuert werden. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Ansteuerung der Injektoren. Ziel war es, die Wasserstoff-Injektoren direkt über die **PROtroniC** anzusteuern, um das Motorpackage im Hinblick auf eine eventuelle Fahrzeugintegration möglichst gering zu halten.



Abbildung 9: Injektoren

In der folgenden Abbildung ist der gemessene Signalverlauf einer Injektoransteuerung mit der **PROtroniC** abgebildet. Der Stromverlauf ist dabei blau, der Spannungsverlauf grün gekennzeichnet.

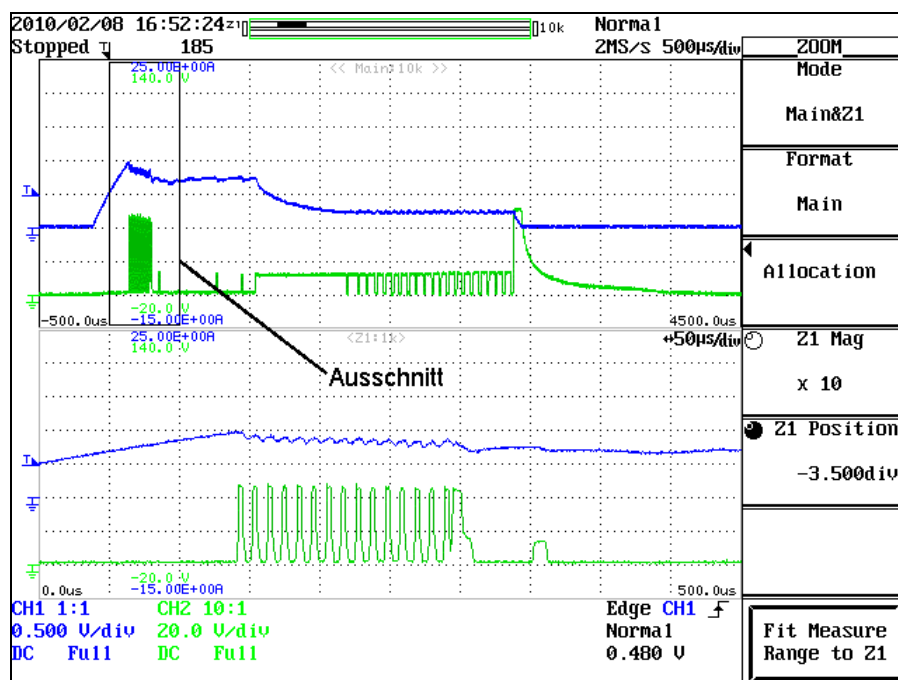


Abbildung 10: Ansteuersignal Injektor

Aufgrund des Bankkonzeptes für die Eingasventile der **PROtroniC** und der teilweise großen Eingaswinkel von über 360° wurden die Eingasventile in der Ansteuerung ohne Schnellabschaltung konfiguriert. Gegenüber den Messungen am HiL, wo lediglich die Ansteuerung ohne Gasmassenstrom getestet werden konnte, wurde im Verbrennungsbetrieb

am Prüfstand festgestellt, dass ohne Schnellabschaltung der Eingasventile bei einem Eingaswinkel von 360° und mehr die Eingasmasse im stationären Betriebspunkt von Zyklus zu Zyklus sehr stark schwankt. Aufgrund dieses Verhaltens wurde für die Ansteuerung der Eingasventile auf die originalen Endstufen zurückgegriffen. Da maximal drei Eingasventile pro Endstufe angesteuert werden können, sind zwei Endstufen notwendig, welche wiederum das Package vergrößern. Um eine vergleichbare Ansteuerung der Eingasventile mit der **PROtronic** zu realisieren, wurde eine Ansteuerungsstrategie entwickelt, welche zunächst am HiL erfolgreich getestet werden konnte. Aus zeitlichen Gründen (Umbaumaßnahmen sind erforderlich) konnte diese Ansteuerungsstrategie noch nicht final am Verbrennungsmotor getestet werden.

Des Weiteren musste die Ansteuerung der Zündspulen angepasst werden. Für den Verbrennungsbetrieb wurden die serienmäßig verbauten, passiven Zündspulen verwendet.



Abbildung 11: Passive Serien-Zündspulen

Bei der Nutzung von passiven Zündspulen mit der **PROtronic** ist eine externe Zündendstufe für den Betrieb notwendig. Aus Erfahrungswerten aus anderen Projekten hat man sich für die Nutzung einer externen Zündendstufe von Bosch entschieden.



Abbildung 12: Externe Zündendstufe

Zusätzlich wurden die **PROtronic** CAN-Schnittstellen für die Kommunikation mit dem VVT-Steuergerät und der Prüfstandsteuerung simuliert und getestet.

3.1.5 AP 3.5 Prüfstandsintegration

Die Prüfstandsintegration auf dem Schleppprüfstand am Standort München wurde vom Entwicklungspartner BMW Forschung und Technik GmbH organisiert und umgesetzt. Beim Betrieb des Verbrennungsmotors auf dem Schleppprüfstand konnten vor der eigentlichen Motorinbetriebnahme mit Verbrennungsbetrieb kostengünstig systemrelevante Funktionen und die Verkabelung geprüft werden. Dazu zählten, u. a., die Kurbelkreissynchronisation, die Überprüfung der Sensorsignale oder die Ansteuerung der Aktuatoren.

Die Prüfstandsintegration auf dem Verbrennungsprüfstand am Standort Graz wurde von der TU Graz durchgeführt. In Gemeinschaftsarbeit der TU Graz, der BMW Forschung und Technik GmbH und der AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH wurde in der KW 04/2010 die Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors mit dem Entwicklungssteuergerät **PROtronic** durchgeführt. Um Schäden durch Verkabelungsfehler zu vermeiden, wurden mit Hilfe einer Breakout-Box nacheinander alle Sensoren und Aktuatoren der **PROtronic** zugeschaltet. Zusätzlich kann man die Breakout-Box für einfache und schnelle Belegungsänderungen der Pins nutzen, ohne den Kabelbaum zu ändern.



Abbildung 13: Breakout-Box

Nach erfolgreicher Überprüfung der Sensoren und Aktuatoren, Herstellung der Kommunikation zwischen der **PROtronic** und dem Mess- und Applikationssystem **MARC** und der Synchronisation des Kurbelkreises wurde ein erster Testlauf mit Stickstoff gefahren.

Anschließend konnte durch manuelle Vorgabe des Zündwinkels und der Eingaszeit ein erster erfolgreicher Verbrennungsbetrieb mit Wasserstoff dargestellt werden.

Neben der Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors wurden die Projektbeteiligten der TU Graz und der BMW Forschung und Technik GmbH im Umgang mit dem Mess- und Applikationssystem **MARC** geschult.

Nach der ersten Inbetriebnahme des Forschungsmotors wurden alle weiteren Integrationsarbeiten am Prüfstand durch die TU Graz durchgeführt.

In den folgenden Abbildungen sind ein schematischer Aufbau des Prüfstands und ein Foto des Prüfstands in Graz dargestellt:

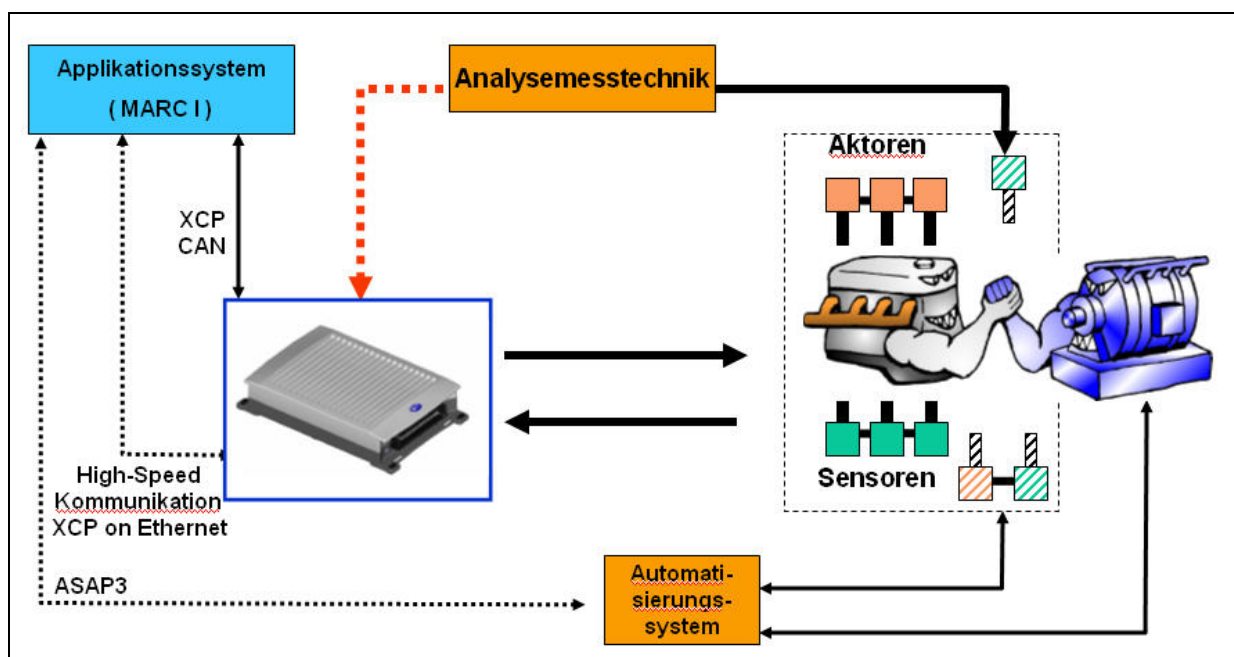


Abbildung 14: Schematischer Prüfaufbau Graz

3.1.6 AP 3.6 Anpassungen und Support

Eine der Hauptaufgaben der AFT im Verbundprojekt lag im Bereich „Anpassungen und Support“. Folgende Punkte wurden dabei bearbeitet:

- Mess- und Applikationssystem **MARC**

Der TU Graz wurde für die Nutzung mit dem Entwicklungssteuergerät **PROtroniC** eine Version des Mess- und Applikationssystems **MARC** zur Verfügung gestellt.

Neben den Grundfunktionen Prozessgrößen zu messen und Parameter zu verstellen, bietet **MARC** die Möglichkeit, verschiedene Verstellparameterdatensätze zu vergleichen und zusammenzuführen. So können nach einer Softwareänderung bereits applizierte Werte der alten Software auf den neuen Softwarestand übertragen werden. Den Entwicklungspartnern BMW Forschung und Technik GmbH und der TU Graz wurde eine Zusatzlizenz für diese Zusatzfunktion zur Verfügung gestellt. In der nachfolgenden Abbildung ist beispielhaft die Oberfläche des Mess- und Applikationssystems **MARC** im Vergleichsmodus der Verstellparameter dargestellt.

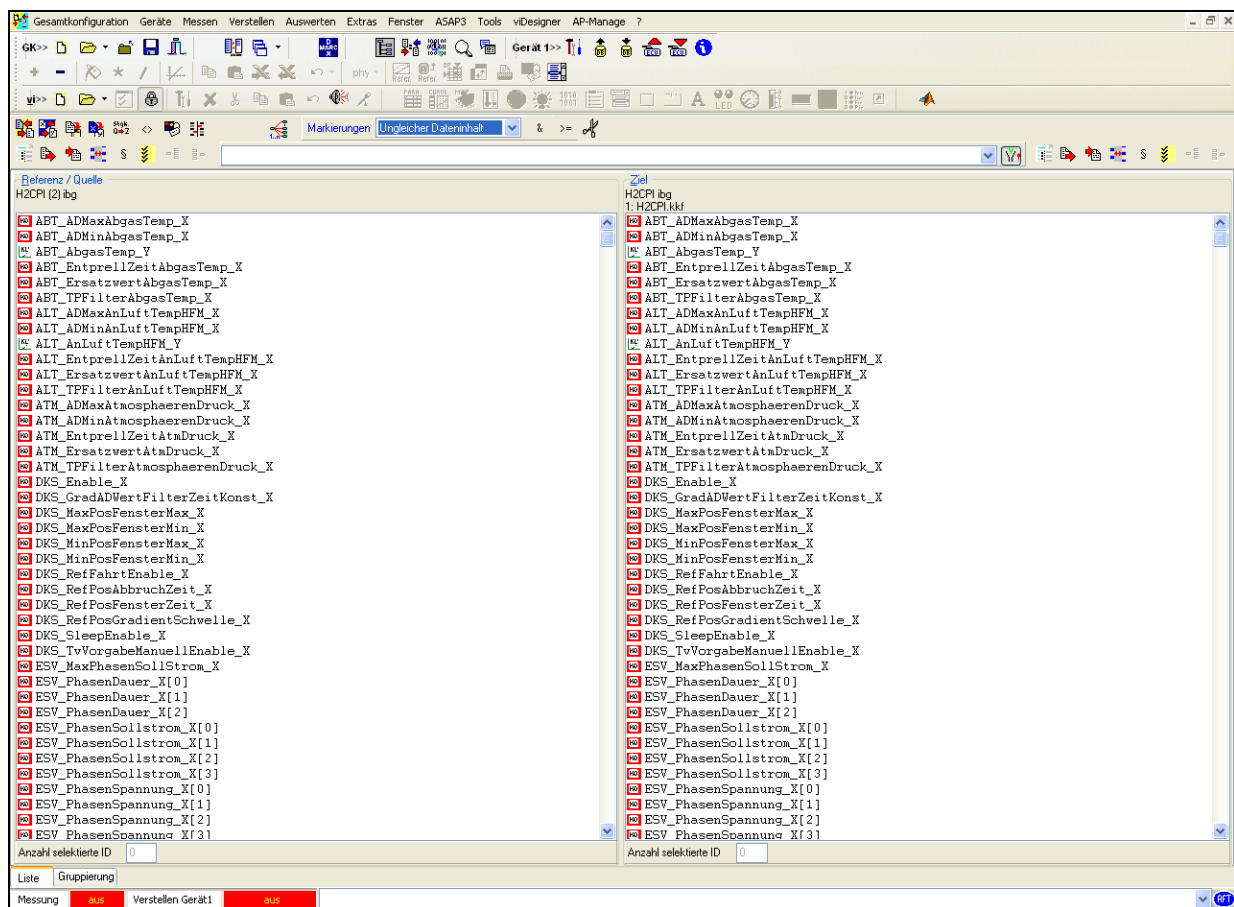


Abbildung 15: MARC-Darstellung Vergleich der Applikationsgrößen

- **CAN-Kommunikation**

Da die **PROtronic** über drei CAN-Knoten verfügt, hatte man sich dazu entschlossen, wichtige Messdaten, wie z. B. Zündwinkel, Einspritzzeit usw. neben der Erfassung über das Mess- und Applikationssystem **MARC** auch direkt an die Prüfstandssoftware zu senden. Dadurch ergab sich eine erhebliche Arbeitserleichterung und Fehlereinflüsse durch Zusammenführung der Messdaten konnten vermieden werden.

Die weiteren CAN-Knoten wurden für die Ansteuerung der variablen Ventilhubverstellung und für das Mess- und Applikationssystem **MARC** genutzt.

Für jede Botschaft mussten die entsprechenden CAN-IDs konfiguriert und über die Schnittstelle ACI (AFT Controller Interface) der Funktionssoftware zur Verfügung gestellt werden.

- **PROtronic-Tool-Kette**

Die Entwicklungspartner TU Graz und BMW Forschung und Technik GmbH wurden bei der Installation und dem Umgang mit der **PROtronic**-Tool-Kette unterstützt.

Dazu zählten

- das Flashen des Steuergerätes über den PCU-Bootloader
- die Anwendung des ACI als Schnittstelle zur modellbasierten Funktionssoftwareentwicklung
- die Anwendung des PCU-Konfigurators zur Konfiguration der Ein- und Ausgänge des Steuergerätes
- die Hilfestellung bei der Anwendung von MATLAB[®] Version 7.0.4 im Zusammenhang mit TargetLink Version 2.0.7
- die Installation der Tools für den Compile-Vorgang und den Build-Prozess

3.1.7 AP 3.7 Dokumentation

Im Rahmen dieses Abschlussberichts ist eine detaillierte Dokumentation der gesamten Arbeiten der AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH erfolgt.

4 Ergebnis und Ausblick

Da dieser Abschlussbericht sich lediglich auf einen Teil des gesamten Projektes bezieht, wurde dieser entsprechend detailliert dargestellt. Alle weiteren Arbeiten werden in den Abschlussberichten der Projektpartner TU Graz und BMW Forschung und Technik GmbH näher beschrieben.

Im Rahmen des Verbundprojektes wurde der verwendete Verbrennungsmotor mit dem Entwicklungssteuergerät **PROtronic** in Betrieb genommen. Dazu zählten die Anbindung der Sensoren und Aktuatoren an das Steuergerät, sowohl hardware- als auch software-seitig, und funktionale Anpassungen der Software. Zusätzlich waren Softwaretests am HiL, Unterstützung bei der Prüfstandintegration und weitere Supportleistungen Umfang der Projektarbeiten. In diesem Zusammenhang konnte der Betrieb mit kryogener Wasserstoff-Saugrohrenblasung dargestellt werden. Der Verbrennungsbetrieb wurde so weit appliziert, dass ein stationärer Betrieb mit Betriebspunktwechsel möglich ist. Als Hauptfunktionen wurden die Nockenwellenverstellung (Vanos), die Ventilhubverstellung (VVT), die Regelung des indizierten Zylindermitteldrucks und die Lambda-1-Regelung implementiert und in Betrieb genommen.

Im Hinblick auf eine Integration des Verbrennungsmotors in ein Fahrzeug ist es notwendig, den aktuellen Funktionsrahmen zu erweitern und zu applizieren. Funktionen bezüglich Dynamik, Klopfen, Rückzündungserkennung usw. sind zu definieren und umzusetzen.