



DIPLOMARBEIT

Prüfeinrichtung für CAN- busgesteuerte Gurtstraffer

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Dietrich

und Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thilo Sauter

als verantwortlich mitwirkendem Universitätsassistenten,

Institutsnummer E384, Institut für Computertechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

von

Roman Bumerl-Lexa

Matr. Nr. 9425317

Zeillergasse 7-11/16/11, 1170 Wien

Wien, im Februar 2004

Kurzfassung

Die Personenkraftwagen der Oberklasse werden seit kurzem mit Sicherheitsgurtsystemen ausgerüstet, die Teil des so genannten *PRE-SAFE* Systems von Daimler Chrysler sind und bereits in der Zeit vor einem möglichen Unfall den Gurt straffen. Diese Gurtstraffer arbeiten mit einem elektrischen Aktuator, der mittels Mikrocontroller angesteuert wird. Über das integrierte CAN (Controller Area Network) Interface beobachtet der Mikrocontroller die Vorgänge im Kraftfahrzeug wie z.B. die Fahrgeschwindigkeit, das Bremsverhalten des Anti-Blockiersystems, die Gierrate des Fahrzeuges und andere fahrdynamikrelevante Daten. Diese Einflussfaktoren werden gewichtet und bewertet, um das Aufprallrisiko abzuschätzen und den Gurt in der Folge entsprechend zu straffen.

Die Diplomarbeit behandelt die Entwicklung eines Analyse- und Prüfplatzes für jene Sicherheitsgurtsysteme, die in der Serienendprüfung als defekt ausgewiesen wurden. Ziel der Arbeit ist es, ein Prüfsystem zu schaffen, das die mechanischen und elektrischen Funktionen und Eigenschaften der Gurtstraffer testet. Aufgrund aufgetretener Abweichungen des zeitlichen Verlaufs der Spannkraft, der Stromaufnahme sowie weiterer Parameter werden mögliche Korrektur- oder Reparaturstrategien vorgeschlagen, um den Ausschuss in der Produktion gering zu halten und damit die Reparaturkosten der Gurtstraffer zu reduzieren. Die Realisierung erfolgt mit einem PC System, das mit einem CAN Interface sowie einer Analog-Digital-Schnittstelle erweitert wurde. Das Softwareprodukt „LabView“ von National Instruments wird zur Steuerung, Messung und Auswertung verwendet. Der Prüfstand wird evaluiert und ist mit seinem Pendant in der Fertigungslinie vergleichbar.

Abstract

Some Modern vehicles are equipped with safety belt systems that comply with the PRE-SAFE system standard of Daimler-Chrysler, and tighten the belt already before a possible accident actually takes place. This seat belt system works with an electric actuator which is controlled by a microcontroller. This unit is named Active Control Retractor. Using the integrated CAN interface (Controller Area Network), the microcontroller observes the dynamics in the vehicle like driving speed, the state of the ABS (Anti-lock Braking System), the yaw rate of the vehicle and some other features. These inputs are judged by the system in order to estimate the risk of an accident. As a result the seat belts are tightened.

This thesis deals with the development of a test environment for the Active Control Retractors that fail the end test immediately after production and those that fail at the customer. The target of this work is the creation of a test system which measures the mechanical and electrical functions and characteristics of the seat belt retractor. Based on the results of the measurements, possible correction or repair strategies are proposed in order to minimize the number of defective units and to reduce the repair costs of the retractors. This test bench consists of a PC system and some mechanics hardware to hold the retractor as well as the force measurement unit. The software product „LabVIEW“ from National Instruments is used to control measurement and analysis. This test environment is evaluated and comparable with its counterpart in the production line.

Danksagung

Meiner Frau Manuela möchte ich für ihre moralische Unterstützung während des ganzen Studiums und das Tragen vieler Entbehrungen während der Diplomarbeit ganz herzlich danken. Dank möchte ich meinen Eltern aussprechen, die das Notebook finanziert haben, auf dem die Software dieser Diplomarbeit entwickelt wurde und auf dem diese schriftliche Ausarbeitung entstanden ist. Meinem Onkel Otto Lehner danke ich für die tatkräftige Unterstützung in seiner Werkstatt, wo u. a. das Fräsen der Aufnahmeschiene geschehen ist und hilfreiche Ideen für die mechanische Realisierung entstanden sind. Meinem Kollegen Martin Scherhak möchte ich für seine Ratschläge im Umgang mit dem Textsystem Word danken. Besonderer Dank gilt auch dem ACR Team, besonders Bernhard Koch und Hannes Stepasiuk, die mir in Salzburg unermüdlich zur Seite standen.

1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	8
2	Der CAN Bus: Eine Einführung	11
2.1	CAN-Telegramme	11
2.2	Busarbitrierung.....	12
2.3	Fehlerbehandlung.....	14
2.4	Baudraten, redundanter CAN Bus	15
3	Problemanalyse und Lösungsansätze	15
3.1	CAN Interface	15
3.2	Stromversorgung für den Gurtstraßer	16
3.3	Wahl des Protokolls.....	17
3.4	Möglichkeiten der Programmierung.....	18
3.5	Funktionen des Prüfgeräts.....	19
3.6	Auswahl der Gurtkraftmessvorrichtung.....	19
3.7	Konzept des mechanischen Aufbaus	20
3.8	Hardwareauswahl.....	20
4	Lösungsansatz mittels Fahrzeugsimulation	21
4.1	Zielsetzung.....	21
4.2	Ausgangssituation der Entwicklung.....	23
4.3	Das Programmierkonzept.....	23
4.4	Ein erster sendender Knoten.....	24
4.5	Detaillösung.....	25
4.6	Brauchbarkeit der Lösung mittels Fahrzeugsimulation.....	26
5	Hardware	27
5.1	Elektrischer Teil.....	27
5.1.1	Strommessung und Tiefpassfilterung für Abtastung.....	27
5.1.2	Stromversorgung und Überlastschutz	30
5.1.3	Analog-Digitalschnittstelle	30
5.1.4	Gurtkraftmessung.....	33
5.1.5	CAN Interface	33
5.2	Mechanischer Teil	34
5.2.1	Dehnmessstreifen-Gurtkraftmessung.....	34
5.2.2	Aufnahmeschiene des ACR mit Gurtlose	34
5.2.3	Koffer und Gehäusedesign.....	36
6	Die Realisierung mittels TRW Frames.....	38
6.1	Übersicht	38
6.2	CAN Programmierung.....	41
6.2.1	CAN öffnen und schließen.....	41
6.2.2	Unlock Befehlskette.....	42

6.2.3	Actuator starten.....	45
6.2.4	Datenerfassung.....	48
6.3	Grafische Darstellung der Messwerte	48
6.4	Subroutinen.....	49
7	Festlegung der Messtoleranzen des Prüfgerätes.....	52
7.1	Gurtkraft	52
7.2	Stromaufnahme.....	53
7.3	Messungen am mobilen Prüfstand.....	53
7.4	Festlegung der Versorgungsspannungsgrenzen	56
7.5	Zeitliche Grenzen beim Straffen.....	56
7.6	Messungen am ACR.....	57
7.6.1	Momentmessung am festgebremsten Motor	57
7.6.2	Leerlauf des ACR-Motors.....	58
7.7	Vergleich mit EOL-Prüfstand	59
8	Schlusswort.....	61
A.	User Guide.....	62
I.	Einzelteile	62
II.	Inbetriebnahme des Prüfplatzes	62
III.	Elektrische Verbindungen.....	63
IV.	Prüfung der Gurtstraffer	63
V.	Vorsichtsmaßnahmen	66
B.	Pre-Safe: Presse	67
I.	Tierische Reflexe aus [Foc02]:	67
II.	Aufrecht an die Wand aus [Spi02].....	68
III.	Neue Dimension des Insassenschutzes aus [Sat02]	71
C.	Datenblätter	72
I.	DAC-Card 6024E	72
II.	CAN Interface.....	81
III.	Gurtkraftsensor.....	86
D.	Literaturverzeichnis.....	89
E.	Glossar.....	90
F.	EEPROM lesen	93
G.	Fehlermöglichkeiten des Aggregats und Reparaturstrategien	97
I.	Lötfehler	97
II.	Mechanische Fehler	99
III.	Elektrische Fehler.....	100

ABBILDUNG 1, ACTIVE CONTROL RETRACTOR.....	8
ABBILDUNG 2, BLOCKSCHALTUNG DER ACR-STEUERUNG	10
ABBILDUNG 3, CAN2.0A (11 BIT IDENTIFIER).....	12
ABBILDUNG 4, BUSARBITRIERUNG	13
ABBILDUNG 5, MODELLIERTER STROMANSTIEG	17
ABBILDUNG 6, HARDWAREÜBERSICHT	22
ABBILDUNG 7, FLUSSDIAGRAMM ÜBERSICHT	22
ABBILDUNG 8, LABVIEW DIAGRAMM, AUSSCHNITT.....	24
ABBILDUNG 9, FAHRZEUGSIMULATION IN LABVIEW	25
ABBILDUNG 10, DEFINIEREN DES CAN OBJEKTES	26
ABBILDUNG 11, STROMVERSORGUNG	28
ABBILDUNG 12, TIEFPASS.....	29
ABBILDUNG 13, PCMCIA A/D WANDLERKARTE UND CONNECTOR BLOCK	31
ABBILDUNG 14, BLOCKSCHALTBILD MIT A/D WANDLER DETAILS	32
ABBILDUNG 15, GURTKRAFTAUFNEMER UND MESSVERSTÄRKER.....	33
ABBILDUNG 16, PCMCIA CAN INTERFACE	34
ABBILDUNG 17, MONTAGESCHIENE MIT GURTLOSE UND GURTKRAFTAUFNEMER	35
ABBILDUNG 18, ELEKTRONIKBOX GEÖFFNET	36
ABBILDUNG 19, DESIGN DES KOFFERS WÄHREND DER ENTWICKLUNG	37
ABBILDUNG 20, FLUSSDIAGRAMM HAUPTTEIL.....	38
ABBILDUNG 21, FLUSSDIAGRAMM, KOMMANDOS.....	39
ABBILDUNG 22, FLUSSDIAGRAMM CLEAR DIAG	40
ABBILDUNG 23, FLUSSDIAGRAMM DATENERFASSUNG.....	41
ABBILDUNG 24, DIAGNOSEAUFBAU	42
ABBILDUNG 25, ZUGRIFFSRECHT	43
ABBILDUNG 26, BITWEISE INVERSION.....	43
ABBILDUNG 27, SENDE BITINVERTIERTE ANTWORT	43
ABBILDUNG 28, UNLOCK KEY	44
ABBILDUNG 29, UNLOCK 2.....	44
ABBILDUNG 30, SYSTEM STATE ABFRAGEN	45
ABBILDUNG 31, START ACTUATOR	46
ABBILDUNG 32, DATENERFASSUNG	47
ABBILDUNG 35, FRONTANEL	49
ABBILDUNG 36, MITTELWERT ÜBER FENSTERBEREICH	50
ABBILDUNG 37, UMWANDLUNG BCD NACH INTEGER.....	51
ABBILDUNG 38, ECU_ID DECODER.....	52
ABBILDUNG 39, SPANNUNGSEINBRÜCHE.....	54
ABBILDUNG 40, SPANNUNG DIREKT AM NETZTEIL	55
ABBILDUNG 41, STROMAUFNABME DES ACR	55
ABBILDUNG 42, MOTORMOMENT	57
ABBILDUNG 43, MOTORHOCHLAUF OHNE LAST	59
ABBILDUNG 44, END-OF-LINE PRÜFUNG.....	60
ABBILDUNG 45, SCREENSHOT MOBILER PRÜFSTAND.....	61
ABBILDUNG 49, ANSCHLUSS DES CAN INTERFACES	63
ABBILDUNG 50, STROMVERSORGUNG	63
ABBILDUNG 51, MONTAGE DES ACR	64
ABBILDUNG 52, UMLENKROLLE, KLEMME, KRAFTSENSOR	65
ABBILDUNG 53, DRUCKANZEIGE GURTLOSE	66
ABBILDUNG 54, CRASH-ALARM IM RECHNER	68
ABBILDUNG 33, EEPROM BYTE ANFORDERN	93
ABBILDUNG 34, AUSWERTUNG DES GELESENEN BYTES	95
ABBILDUNG 46, CAN STECKER SCHLECHT EINGELÖTET	97
ABBILDUNG 47, LÖTFEHLER.....	98
ABBILDUNG 48, ZU WENIG LOT	99

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Gurtstraffer¹ sind in der Automobiltechnik schon seit vielen Jahren im Einsatz. Sie schützen die Insassen bei einem Aufprall vor Verletzungen, die durch zu lose liegende Sicherheitsgurten passieren. Die Gurtstraffer früherer Generationen waren durchwegs mit pyrotechnischen Treibsätzen ausgestattet, die ähnlich dem Airbag kurz nach dem Erkennen eines Aufpralls gezündet wurden. Die Gurtaufroller wurden dann über eine entsprechende Mechanik angetrieben. Thema dieser Arbeit ist der Active Control Retractor (ACR), der in Zusammenarbeit von DaimlerChrysler mit TRW Automotive in Deutschland entwickelt wurde und im Herbst 2002 in Bergheim in Serienproduktion gegangen ist.

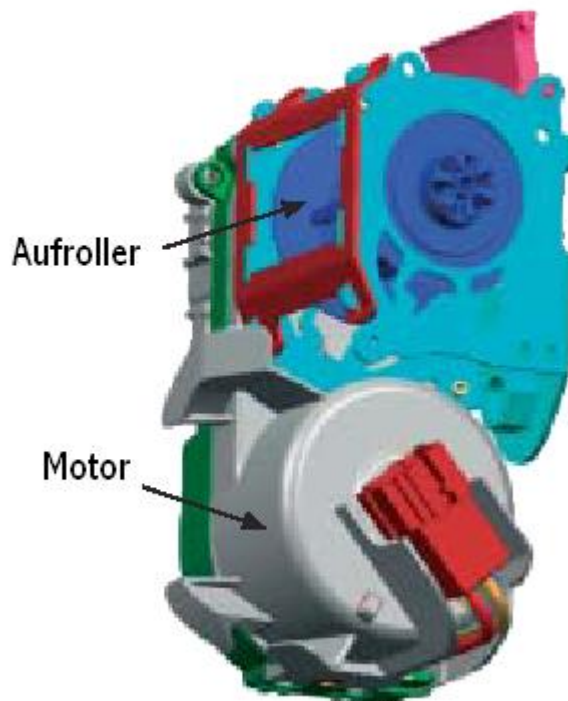


Abbildung 1, Active Control Retractor

Der ACR ist Ersatz und Nachfolgeprodukt für die klassischen, pyrotechnischen Gurtstraffer. Im Wesentlichen besteht der Active Control Retractor aus einem prozessorgeregelten bürstenlosen Gleichstrommotor, einem Microcontroller mit CAN (Controller Area Network) Interface und einem Drei-Punkt-Gurtaufroller (3PGA). Letzterer

¹ [Air03]; Gurtstraffer: Einrichtung, die bei einem Unfall den Sicherheitsgurt entgegen der Zugrichtung aufrollt. Dadurch wird die sog. Gurtlose beseitigt und der Insasse kann nicht unter dem Gurt wegtanken (Submarining- Effekt).

ist heute in nahezu jedem Gurtsystem enthalten („Automatikgurt“). Die Regelung und Kommutierung des ACR-Motors übernimmt der Microcontroller ebenso wie die Überwachung des CAN Busses. Die Vielzahl an Innovationen, die in dieser Technologie steckt bringt einige Vorteile:

Der Gurtstraffer ist

- reversibel (d.h. wiederholt verwendbar)
- schon vor einem möglichen Unfall aktiv
- bewertet das Aufprallrisiko andauernd selbstständig während der Fahrt

Klassische Gurtstraffer arbeiten pyrotechnisch und sind nach einmaliger Verwendung verbraucht und daher auszutauschen [Rok02]. Mit dem ACR wird dem Lenker ein verbessertes Fahrgefühl bei Vollbremsungen und anderen gefährlichen Fahrbewegungen vermittelt, indem er vom Gurt spürbar festgehalten wird.

Der ACR kann seine Funktion über eintausendmal ausführen, ohne Wartungsarbeiten zu benötigen, jedoch unter der Einschränkung, dass niemals ein tatsächlicher Unfall stattgefunden hat. Abgesehen von der dauerhaften Dehnung des Gurtbandes verbraucht sich auch in diesem Gerät der Gurtkraftbegrenzer² und das Aggregat wäre bedingungslos zu ersetzen. Diese Konstruktion bietet verbesserte Sicherheit, da der Gurt im Fall des Aufpralls bereits vorgespannt ist und der Insasse nicht in den mehr oder weniger locker hängenden Sicherheitsgut fällt. Diesem Szenario kann der pyrotechnische Gurtstraffer auch nur teilweise Abhilfe schaffen, da die Treibmittelmenge fix vorgegeben ist. Damit ist die Gurtbandlänge, die aufgerollt werden kann, limitiert. Der ACR hingegen rollt das Gurtband solange auf, bis er einen voreingestellten Widerstand erkennt. Dies ist besonders im Winter interessant, wenn die Insassen mit weichen, dicken Kleidungsstücken im Fahrzeug sitzen und der Gurt nicht eng am Körper anliegen kann. Wenn es jedoch zu keinem Aufprall kommen sollte, lockert der ACR den Gurt wieder automatisch, nachdem sich die Fahrsituation stabilisiert hat. Die Auslösekriterien für das Straffen werden aus den Nachrichten verschiedener Steuergeräte am CAN-Bus abgeleitet. Dazu zählen u. a. ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) und ABS (Antiblockiersystem).

² Ein Torsionsstab, der zwischen der Gurtrolle und dem Gehäuse das Haltemoment überträgt. Bei einem schweren Aufprall verformt sich dieser durch die Kraftspitze am Gurtband plastisch und verringert die Verletzungen des Insassen durch den Gurt.

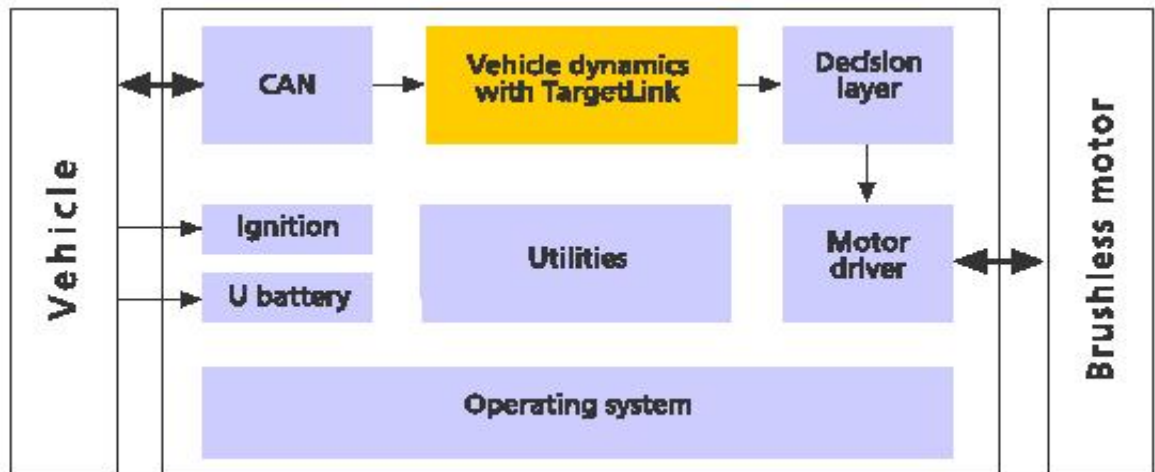


Abbildung 2, Blockschaltung der ACR-Steuerung

Zum umfassenden Presafe Konzept gehören auch zusätzliche Funktionen, die von anderen Steuergeräten übernommen werden, z.B. das Schließen des Schiebedaches und das Bewegen des Beifahrersitzes in eine sicherere Position. Der Lenkersitz hingegen bewegt sich nicht, um den Fahrer als Teil des Fahrzeug-Regelkreises nicht zu stören.

Die hohe Anzahl der Komponenten, die sehr kurz dauernde Entwicklung des Produktes in nur etwa 18 Monaten sowie die beachtliche Komplexität der Hard- und Software machen das Produkt in der Produktion zu einem besonderen Thema. Die Qualitätssicherung für das neue Produkt wurde ernst genommen und die ISO Zertifizierung, die in der Automobilbranche verpflichtend ist, verlangt nach entsprechenden Konsequenzen in Bezug auf Fehlererkennung und Behebung in nachvollziehbarer Art. Im Werk Bergheim war bereits zu Produktionsbeginn ein automatischer Prüfstand für das Ende der Produktionslinie aufgestellt, der jedoch im Fall eines Produktfehlers für Diagnosen aus mehreren Gründen ungeeignet war: Einerseits war das Gerät permanent im Einsatz, um die geforderten Stückzahlen des Kunden zu erfüllen, andererseits bot der Prüfstand keine Möglichkeit, die Aggregate in halbfertigem Zustand zu testen bzw. daneben Teile zu reparieren.

Daraus entstand die Forderung nach einem flexibel einsetzbaren Prüfstand und Analyseplatz, der zur Diagnostizierung von verschiedensten Fertigungsfehlern einsetzbar ist. Die Messung der Gurtkraft und der Stromaufnahme über der Zeit gehören zu den wichtigsten Kriterien, die zu erfüllen sind. Eine Auswertung, ob das Aggregat gut oder schlecht ist, soll möglich sein. Eine passende Stromversorgung ist ebenfalls vorzusehen. Wunsch von TRW war es, Kompetenz im Softwareprodukt „LabVIEW“ zu erlangen, daher sollte die Lösung möglichst mit diesem Produkt erfolgen. Der Prüfstand sollte mobil sein, sich also zumindest auf Rollen durch die Werkshalle bewegen lassen. Des Weiteren soll der Prüfvorgang an neue Problembereiche anpassbar sein. Eine Ausweitung der Funktionalität

soll möglich sein, um das Finden von möglichst vielen verschiedenen Fehlern zu ermöglichen.

2 Der CAN Bus: Eine Einführung

CAN steht für Controller Area Network. Der CAN Bus wurde von Bosch Ende der 80er Jahre für die Automobil-Industrie entwickelt. Es handelt sich um einen Broadcast-Bus, das heißt es werden keine Knoten adressiert, sondern die Nachrichten werden durch einen eindeutigen Identifier gekennzeichnet. Physikalisch besteht der Bus aus mindestens drei Leitungen: GND, CAN-L und CAN-H. Die Bustermiierung ist bei CAN mit 120Ω vorgeschrieben, was auch bei kurzen Leitungslängen wichtig ist, da diese Widerstände auch als Pullup- und Pulldown-Widerstände wirken. Die Datenrate ist maximal 1MBit/s und die Nachrichten sind für kleinere Nachrichtenlängen (0...8 Byte) vorgesehen. ISO 11519-2 und ISO 11898 beschreiben die OSI-Layer³ 1 und 2 des CAN Bus. Zusätzlich zu der strengen Form der Beschreibung sind den Anforderungen der Hersteller entsprechende Spezifikationen entstanden: CAN 2.0A für den Standard Frame mit 11-Bit-Identifiern und CAN 2.0B für den Extended Frame mit 29-Bit-Identifiern.

2.1 CAN-Telegramme

Die CAN-Kommunikation geschieht über Nachrichten, so genannte Telegramme. Jedes Telegramm besteht aus einer bestimmten Anzahl von Bits, die in Felder eingeteilt sind. Zu diesen zählen das Startbit als 1-Bit-Feld, das Identifier-Feld oder Arbitrationsfeld mit 11 Bits (max. 2032 verschiedene logische Adressen) oder 29 Bits (536.870.912 Adressen), das gleichzeitig zur Adressierung auch die Priorität der Nachricht realisiert. Das Datenfeld enthält variabel, je nach Bedarf null bis acht Bits. Ein CRC-Feld (cyclic redundancy check, Fehlerkontrolle) mit 15 Bits Länge und einer Hamming-Distanz von 6 Bit sorgt für Fehlererkennung. Theoretisch könnten damit bis zu 5 Bitfehler behoben werden, jedoch wird bei jedem Fehler ein Error Frame gesendet, der eine neuerliche Sendung des ganzen Telegramms verlangt. Jeder Knoten kann alle Telegramme empfangen, sofern er sie nicht

³ Das OSI-Referenzmodell wurde ab 1977 als Grundlage für die Bildung von Kommunikationsstandards entworfen. Ziel von OSI ist die Kommunikation in heterogener Umgebung, d.h. insbesondere zwischen verschiedenen Rechnerwelten auf der Grundlage anwendungsunterstützender Grunddienste. Das OSI-Referenzmodell ist in sieben Schichten unterteilt und wird daher auch als 7-Schichten-Modell bezeichnet. Die Schichten lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: in die transportorientierten und die anwendungsorientierten Schichten. Zu den transportorientierten Schichten gehören die Schichten 1 bis 4; zu den anwendungsorientierten die Schichten 5 bis 7. [Sie04],

filtert, ebenso kann jeder Knoten seine Nachrichten auch mit unterschiedlichen Identifiern senden. Ein CAN Telegramm nach CAN2.0A ist wie in Abb.3 dargestellt, aufgebaut.

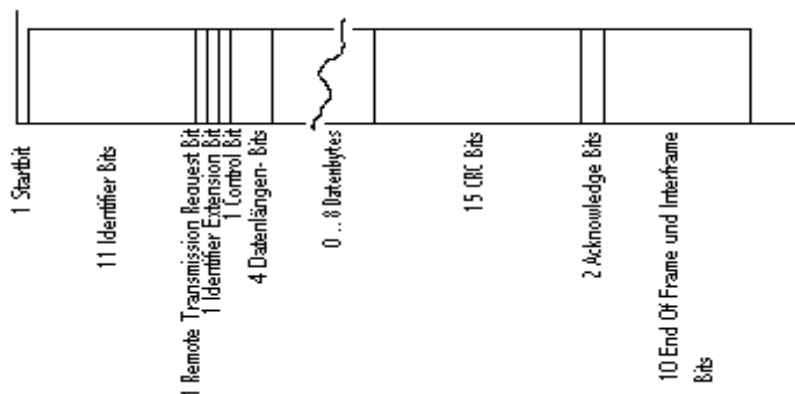


Abbildung 3, CAN2.0A (11 Bit Identifier)

Die Kodierung der Bits auf der Leitung erfolgt im Non-Return-to-Zero (NRZ) Verfahren mit Bitstuffing. Damit werden die Nachrichten mit minimaler Bandbreite übertragen und durch das Bitstuffing werden die anderen Busteilnehmer nach jeweils 5 gleichen Bits ein komplementäres eingefügtes Bit in jedem Fall synchronisiert. Dies setzt voraus, dass alle Busteilnehmer dieses eingefügte Bit als solches erkennen und wieder aus der Nachricht entfernen. Die Stuffweite von 5 Bits ist ein Kompromiss zwischen der Verlängerung des Telegramms und der Anforderung an die Genauigkeit der Taktgeneratoren der empfangenden Knoten.

2.2 Busarbitrierung

Die Buszugriffssteuerung beim CAN Bus geschieht durch bitweise, zerstörungsfreie Arbitrierung. Das bedeutet, dass es beim gleichzeitigen Senden zweier oder mehrerer Knoten nicht zum Verlust der Nachricht kommt, was ansonsten ein neuerliches Senden des Telegramms durch den höherpriorigen Gewinner bedeuten würde. Hier wird ein spezieller Treiber für die Busleitungen benötigt, der dominante und rezessive Zustände realisieren kann. Die logischen Pegel Eins und Null müssen rezessiv bzw. dominant sein. Eine Open-Kollektor Schaltung mit Pull Up-Widerständen erledigt beispielsweise so eine Funktion. Laut Vereinbarung muss ein Busteilnehmer eine Eins eines anderen Teilnehmers mit seiner Null überschreiben können. Damit ist sein Identifier dominant, der andere klinkt sich sofort aus der Kommunikation aus und gibt den Bus frei. Bis zum Ende der Übertragung muss der Verlierer warten, bis er einen neuen Übertragungsversuch starten darf. Dadurch wird gewährleistet, dass wichtigere Knoten ihre Nachricht ohne Zeitverlust vor weniger dringenden senden können.

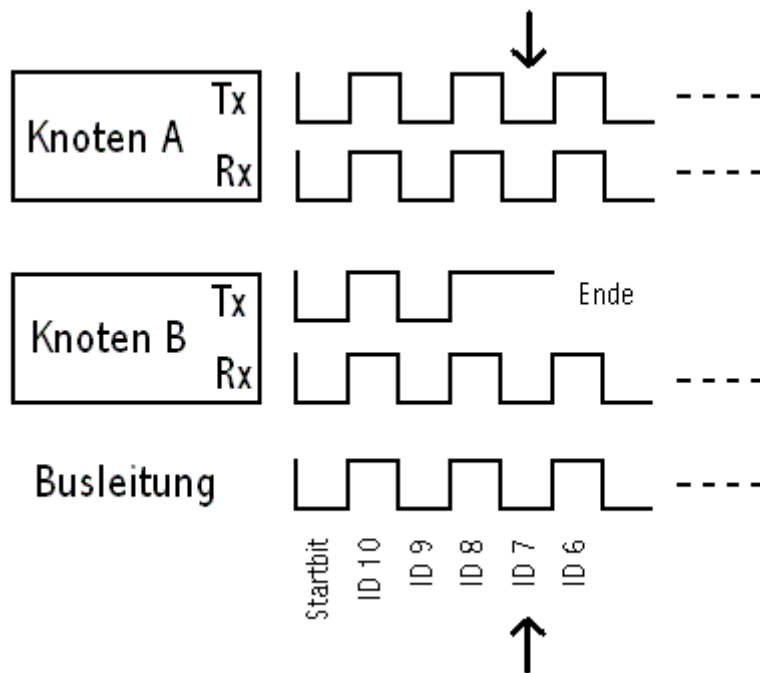


Abbildung 4, Busarbitrierung

Am Beispiel zweier Netzwerkknoten, Knoten A und Knoten B soll eine solche Arbitrierungsphase in Abbildung 4 deutlich gemacht werden. Beide Knoten möchten gleichzeitig ihre Nachricht senden. Durch das CSMA/CD+AMP Verfahren (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **D**etection and **A**rbitration on **M**essage **P**riority) warten zunächst beide Teilnehmer, bis der Bus frei ist. Wenn dies der Fall ist, senden beide das dominante Startbit. Während dessen lesen auch beide den logischen Wert, der sich tatsächlich auf dem Bus eingestellt hat. Als nächstes senden beide das Most Significant Bit des Identifiers (Bit 10), in unserem Fall den rezessiven Wert Null. Wieder vergleichen beide Knoten den ausgesendeten Wert mit dem empfangenen und in beiden Fällen sind Sende- und Empfangsdaten gleich. Also senden beide Knoten ihr nächstes Bit des Identifiers. Beim Bit 7 sendet Knoten A den dominanten Wert Null und Knoten B den rezessiven Wert Eins. Knoten B erkennt, dass sein rezessiv gesendeter Wert Eins überschrieben wurde, er also die Arbitrierung verloren hat und zieht sich vom Bus zurück. Erst ab hier bemerkt also dieser Knoten die Existenz eines weiteren sendenden Knotens. Für Knoten A ist das Senden an dieser Stelle jedoch nicht beendet, er wird mit Bit 6 weitermachen und seine begonnene Nachricht geht nicht verloren. Knoten B schaltet in diesem Moment auf Empfang um, da er eventuell diese Nachricht selber empfangen muss und übernimmt die schon gesendeten Bits in seinen Empfangspuffer. Für den Fall, dass außerhalb des Arbitrierungsfeldes eine Differenz zwischen gesendetem und empfangenem Bit zustande kommt, so handelt es sich um einen Bitfehler, der von der Fehlermanagement-Einheit als Ausnahme behandelt wird.

2.3 Fehlerbehandlung

Das Errorhandling beim CAN Bus kann fünf verschiedene Fehler erkennen:

- a) Bitfehler: Ein gesendetes Bit wird am Bus nicht als solches vom Empfangsteil des Sendeknotens wieder empfangen. Ausnahme: Acknowledge Slot und Arbitrierfeld.
- b) Bit Stuffing Fehler: Mehr als fünf gleiche aufeinander folgende Bits werden erkannt. Ausnahme: End Of Frame-Feld
- c) CRC Prüfsumme stimmt nicht
- d) Formatfehler: Das Datenformat wurde nicht eingehalten, wie z.B. Verletzung des End Of Frame oder der CRC Delimiter wurde nicht als dominantes Bit erkannt.
- e) Acknowledgement-Fehler: Der Sender empfängt von keinem anderen Teilnehmer am Bus im Acknowledge-Slot ein dominantes Bit; Also wurde die Nachricht von keinem Teilnehmer als korrekt identifiziert.

Diese Fehler werden direkt vom CAN-Chip erkannt und durch automatische Sendewiederholung behandelt. Ein als fehlerhaft erkannter Rahmen wird an alle anderen mitgeteilt. Dies geschieht durch bewusste Verletzung der Stuff-Regel (5 Bits). Die Stationen werden entsprechend ihrer Fehlerhäufigkeit eingestuft:

- Error Active: Standardstufe; Der Knoten darf normal senden. Wenn er einen Fehler erkennt, überschreibt dieser den aktuellen Buswert mit einer Folge von 6 oder mehr dominanten Bits, was alle anderen Busteilnehmer erkennen.
- Error Passive: Um eine dauerhafte Störung eines einzelnen Knotens nicht zum Zusammenbruch der gesamten CAN Kommunikation führen zu lassen, zieht sich dieser nach einem bestimmten Algorithmus sukzessive vom Busgeschehen zurück. Nachdem ein Busteilnehmer mehrfach die oben angeführten Error Frames gesendet hat, darf er in der zweiten Stufe nur mehr passive Error-Frames (also rezessive 6-bBit Folgen) senden. Damit kann er die Kommunikation der anderen Knoten nicht mehr als fehlerhaft bewerten und damit stören, jedoch seine selbst gesendeten Telegramme noch als fehlerhaft markieren. Das ist sinnvoll, wenn der Fehler in der nahen Umgebung des betroffenen Knotens aufgetreten ist.
- Bus Off: Wenn ein Busteilnehmer in diesem Zustand ist, kann er weder senden noch empfangen und auch keine Fehlerrahmen mehr senden. Dies ist die letzte Konsequenz, wenn die Störung länger dauernd war.

Die Bewertung, welcher Fehlerzustand gerade vorliegt, geschieht durch Zähler für Sende- und Empfangsfehler. Der Algorithmus unterscheidet in der Folge auch, ob der Fehler gleichzeitig von allen Knoten erkannt wurde, oder ob er am eigenen Knoten zuerst entdeckt wurde, was auf einen lokalen Fehler hindeutet. Sobald Telegramme wieder korrekt gesendet und empfangen werden, werden die entsprechenden Fehlerzähler auch wieder um jeweils 1 dekrementiert.

2.4 Baudraten, redundanter CAN Bus

Die Datenraten, die auf dem CAN Bus übertragen werden können, liegen zwischen 1 kBit/s und maximal 1MBit/s. Der Low-speed bzw. fehlertolerante oder redundante CAN Bus wird hauptsächlich für Komfortgeräte im Fahrzeug benutzt, wie z.B. Spiegel- oder Sitzverstellung, Zentralverriegelung und dergleichen. Der Unterschied zum High-speed CAN besteht in der maximalen Baudrate von 125kBit/s und der Verwendung von eigens konstruierten fehlertoleranten CAN Transceiver-Bausteinen. Damit wird die Funktion auch noch gewährleistet, wenn beispielsweise eine der beiden Leitungen durchtrennt wurde.

[Law97]

3 Problemanalyse und Lösungsansätze

Ein Prüfstand für ein neues Produkt soll entworfen werden, Spezifikationen zu dem Gurtstraffer sind in diesem frühen Produktstadium noch wenig exakt und vollständig, die Konstruktion des Gerätes muss daher von Anfang an flexibel gehalten werden, um so weit wie möglich nachträgliche Änderungen im Prüfumfang als auch bei den Parametern der Prüfung zuzulassen. Daraus leiten sich einige Konstruktionsmerkmale, die in der Folge beschrieben werden ab.

3.1 CAN Interface

Die Kommunikation mit dem Gurtstraffer kann nur durch das CAN Interface stattfinden, über welches auch im Normalbetrieb die Fahrzeugdaten gelesen werden. Eine andere Programmierschnittstelle ist nicht vorhanden. Das CAN Interface muss einfach programmierbar und in einem Notebook verwendbar sein, damit die Option des tragbaren Prüfgerätes bestehen bleiben kann. Weiters kann die Kommunikation nur bei einer Baudrate von 500kBit/s stattfinden. Das bedeutet, dass nur ein High Speed Interface in Frage kommt, die redundante aber langsamere CAN-Variante kann nicht verwendet werden. Am Markt erhältliche CAN Schnittstellen unterscheiden sich auch noch in Modelle, die den Bus aktiv versorgen können und solche, die den Bus passiv benutzen. In unserem Fall müssen wir die Versorgung auch erledigen, da im normalen Betrieb des Gurtstraffers im KFZ eines der Motorsteuergeräte dafür Sorge trägt. Das Kriterium für die

Auswahl bezüglich Programmierbarkeit ist eine Abwägung, wie viel Zeit zur Implementierung der CAN Module zur Verfügung steht. Denkbare Interfaces sind prozessorgestützte Adapter, die man an die serielle oder parallele Schnittstelle anschließen kann, als auch Einschubkarten für PCI oder PCMCIA-Slots in PC oder Notebook. Für die preisgünstigeren Adapter wie den *PCAN Dongle* der Firma PEAK System Technik existiert nur eine einfache Software, mit deren Hilfe man Nachrichten am Bus lesen bzw. senden kann, was allerdings für einfache Diagnosezwecke ausreicht. Um den Adapter z.B. in LabVIEW verwenden zu können, müsste er über eine Programmbibliothek verfügen. Mit LabVIEW ist man in der Lage, Windows-DLLs zu verwenden. Im konkreten Fall erweist sich der PCMCIA CAN-Adapter von *National Instruments* als am geeignetsten, da er die kleinste Bauform hat, den Bus ohne externe Widerstände und Spannungsquelle versorgen kann und bequem in LabVIEW zu programmieren ist. Da der Adapter als auch die Software vom selben Hersteller stammen, sind auch keine schwerwiegenden Kompatibilitätsprobleme zu erwarten und brauchbare Unterstützung vom Lieferanten denkbar.

3.2 Stromversorgung für den Gurtstraffer

Die Anforderungen an die Stromversorgung sind hoch, da der Motor beim Straffen kurzfristig bis zu 80A Strom bei 13,5V aufnimmt. Verschärft wird diese Situation durch eine hohe Stromanstiegsgeschwindigkeit, die von vielen Netzteilen nicht entsprechend bewältigt werden kann und zu Spannungseinbrüchen auf unter 9,5V führt. In so einem Fall stoppt die Software des Aggregates den Motor, um das vermeintlich vorhandene Bordnetz nicht zu sehr zu belasten. Der Hintergedanke liegt hier bei anderen Steuergeräten, die zum Teil wichtiger sind und aus solchen Gründen nicht ausfallen dürfen. Das Netzteil *Delta Elektronik SM30-100 D*, das in der Fertigungs-Endprüfung verwendet wird, kommt prinzipiell dafür in Frage, scheidet aber wegen seiner Unhandlichkeit und des Bedarfes an einem Kraftstromanschluss aus. Um den Prüfstand nicht nur tragbar zu machen, sondern auch netzunabhängig zu halten, kommt der Einsatz von NiMH Akkus in Frage. Um diese Akkus voll aufladen zu können benötigt man ein speziell dafür geeignetes Ladegerät, was den Aufwand zusätzlich erhöht. Als Alternative besteht die Möglichkeit, ein leichtes Schaltnetzteil geringer Leistung mit einem großen Ladekondensator zu kombinieren. Dazu muss die Strom-Zeitfläche der Stromspitze ermittelt werden, die vom Netzteil alleine nicht bewältigt werden kann.

Problematisch ist hierbei nicht die Stromspitze beim Straffen selber, sondern erst später – beim Entriegeln. Das Entriegeln hat die Aufgabe, den Sicherheitsgurt wieder von der kräftig gespannten, eingerasteten Position zu lösen und dem Insassen die Bequemlichkeit wieder zu ermöglichen, die er vor dem Straffen hatte. Der Entriegelimpuls kann für

Überblickszwecke als linearer Stromanstieg von 0 auf 50A innerhalb 100ms modelliert werden.

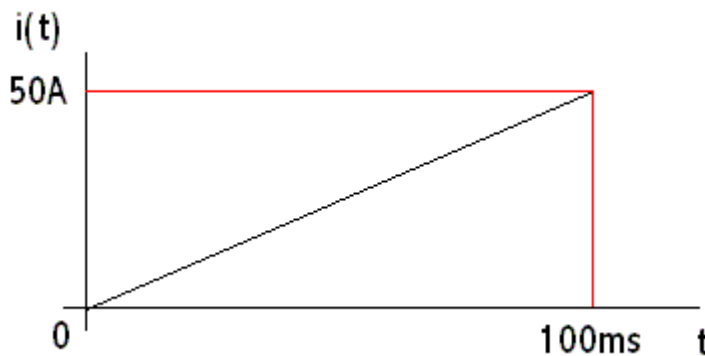


Abbildung 5, modellierter Stromanstieg

Mit $Q = CU = \int_0^t i dt'$ gelangt man zu

$$u(t) = \frac{1}{2C} i_{\max} t + \text{const} \text{ und in der Folge zu}$$

$$C = \frac{i_{\max} t}{2(U_0 - u(t))}$$

Mit $i_{\max} = 50A$, $t = 0,1s$, $U_0 = 13,5V$, $u(t = 0,1s) = 10V$

errechnet sich ein Kapazitätswert von etwa 0,7F. Kondensatoren dieser hohen Kapazität sind einerseits teuer und haben andererseits wegen des geforderten geringen Innenwiderstandes große Außenabmessungen.

Als Lösungsmöglichkeit bietet sich hier eine Kombination aus einem relativ kleinen und leichten Schaltnetzteil und den NiMH Akkus als Puffer an. Der Vorteil wäre auch eine vollkommene Netzunabhängigkeit für eine kleine Anzahl von Prüfungen. Die letztendlich gewählte Schaltung ist in Abbildung 11 auf Seite 28 skizziert.

3.3 Wahl des Protokolls

Es bestehen zwei verschiedene Möglichkeiten, um mit dem Active Control Retractor in Kontakt zu treten.

1. Mittels Fahrzeugsimulation: Die den ACR umgebenden Steuergeräte werden in Software nachgebildet und senden CAN Botschaften wie im normalen Betrieb im Fahrzeug, um verschiedene Reaktionen auszulösen

2. Durch TRW-Frame: Eine Kommunikationsmethode, die auf das KWP2000⁴ basiert.

Eine Prüfsoftware zu schreiben, die über die Fahrzeugsimulation⁵ arbeitet, kommt in Frage, da der Gurtstraffer damit ausgelöst und gleichzeitig die Messungen durchgeführt werden können. Der standardisierte Straffzyklus, der in der Endprüfung verwendet wird, kann durch diese Methode der Programmierung nur unzufriedenstellend angenähert werden. Ausgangspunkt für diese Realisierung ist die gut dokumentierte Kommunikationsmatrix der Steuergeräte im Kraftfahrzeug.

TRW-Frame ist ebenso ausreichend in [TRW02] dokumentiert wie die oben genannte Methode der Fahrzeugsimulation, sodass eine Implementierung machbar ist. Die Vorteile sind der Zugriff auf die standardisierten Funktionen des Gurtstraffers wie *Start Actuator* (=straffen), der *Riemenspannmodus*, in dem der Motor gleichmäßig läuft (nur sinnvoll, solange der Motor ohne den Aufroller vorliegt, notwendig beim Zusammenbau des Teils in der Fertigung), das EEPROMspeicher lesen, schreiben und vieles mehr. Die Komplexität des Kommunikationsprotokolls KWP2000 führt jedoch zu einem deutlich höheren Aufwand für die Implementierung.

3.4 Möglichkeiten der Programmierumgebung

Der Wunsch der Firma TRW war es, Kompetenz im Umgang mit *LabVIEW* zu erlangen, daher war diese Diplomarbeit auch entsprechend pro-*LabVIEW* ausgeschrieben. Jedoch sind auch andere Produkte auf dem Markt, die in Frage kommen. *HP-VEE* (Visual Engineering Environment) der Firma Hewlett Packard ist alternativ denkbar; ein anderer Automobilzulieferer in Wien verwendet dieses Produkt erfolgreich für vergleichbare Anwendungen. Eine Implementierung in Visual C++ wäre aufgrund der vorhandenen Windows-Bibliotheken für die Hardware auch möglich gewesen, schied aber wegen des deutlich höheren Programmieraufwandes von vornherein genauso wie völlig eigenständige Lösungen aus. Letztendlich wurde *LabVIEW* ausgewählt und in Kombination mit der Hardware desselben Herstellers eingesetzt. Damit waren mehrere mögliche Probleme von vornherein auf ein Minimum reduziert: Für die Kompatibilität der Komponenten untereinander war gesorgt und mit brauchbarem Herstellersupport war ebenso zu rechnen.

⁴ Das Keyword Protocol 2000 ist ein in ISO 14230 standardisiertes Diagnoseprotokoll für Steuergeräte.

⁵ Eine derartige Entwicklung wurde durchgeführt und ist in Kapitel 4 ausführlich beschrieben.

3.5 Funktionen des Prüfgeräts

Folgende Kriterien müssen von der Konstruktion erfüllt werden:

- Zentrales Ziel ist die Vergleichbarkeit der Messwerte des End-of-Line-Prüfstand der Fertigungsstraße mit denen des Prüfgeräts.
- Reparaturen sollen an defekten Teilen durchgeführt werden können ohne in die Produktionsstraße eingreifen zu müssen.
- Die Stromaufnahme und die Gurtkraft als Funktion der Zeit sollen ermittelt und als Funktion der Zeit grafisch dargestellt werden können.
- Eine Gut-schlecht Aussage soll dadurch getroffen werden können, indem Zeitbereiche überwacht werden, in denen die Gurtkraft innerhalb festgelegter Grenzen sein soll.
- Die Produktidentifikation und der Softwarestand sollen einfach ausgelesen werden können. Eine Manipulation der Parameter im Gurtstraffer ist nicht notwendig, jedoch denkbar.

3.6 Auswahl der Gurtkraftmessvorrichtung

Zur Messung der Kraft am Gurtband ist eine Vorrichtung notwendig, die die Zugkraft in eine maschinenlesbare Form umsetzt. Eine Kraft-Spannungsumsetzung ist gefordert, da die Verwendung eines Analog-Digitalwandlers systembedingt sowieso schon vorgesehen ist. Die Umsetzungsmöglichkeiten sind:

- Druckmessdose an einem Pneumatikzylinder: Der Gurt darf zur Messung nicht fix eingespannt sein, sodass der Gurtstraffer gegen einen harten Widerstand arbeitet. Es ist vielmehr eine Nachbildung des menschlichen Körpers (Gurtlose) für jede Messung erforderlich. Diese kann durch einen mit geringem Druck vorgespannten Pneumatikzylinder und einer Umlenkung des Gurtbandes um 180° über eine Rolle geschehen. Der Druck in den Pneumatikleitungen ist proportional zur Spannung im Gurtband.
- Federwaage mit Digitalausgang: Eine Umlenkrolle an einer Federwaage funktioniert ähnlich wie die oben angeführte Konstruktion, hat jedoch ein stärker schwingendes Verhalten beim Straffen.
- Dehnmessstreifen-Kraftmessdose in Kombination mit Gurtumlenkung. Die Kraft, die das gespannte Gurtband an einer Umlenkung verursacht ist über Winkelfunktionen proportional der Gurtkraft.

- Gurtkraft Dehnmessstreifensensor: Als Fertigprodukt mit Messverstärker einfach erhältlich, Tiefpassfilter für Abtastung ist auf Wunsch integriert, liefert Spannung im Voltbereich, die mit dem vorhandenen A/D Wandler verarbeitbar ist. Siehe auch Abbildung 15.

Der fertige Gurtkraftsensor hat gegenüber den Alternativen mehrere Vorteile: Seine Komponenten sind leicht, er kann daher sehr schnelle Kraftänderungen registrieren, der fertige Aufbau ermöglicht schnelleren Konstruktionsfortschritt und die Anordnung ist vom Hersteller aus schon kalibriert und genau spezifiziert. Die Wiederholgenauigkeit und Hysterese liegt im Bereich von drei Prozent, was für diese Anwendung absolut ausreichend ist.

3.7 Konzept des mechanischen Aufbaus

Da der Prüfstand mobil sein sollte, ist der Spielraum von einem Koffergerät bis zu einem Tisch auf Rollen gegeben. Da dem Autor ein Notebook zur Verfügung steht und die notwendigen Schnittstellenkarten im PCI-Format und als PCMCIA-Karten bei fast gleichen technischen Daten annähernd denselben Preis haben, war die Entscheidung nicht schwierig. Ein Notebook passt mitsamt dem Netzteil und der Zusatzelektronik in einen Koffer und ist damit ein übersichtliches Produkt.

Für die Montage des Gurtstraffers am Prüfgerät sind drei Möglichkeiten zur Auswahl:

1. Montageschiene mit einer Rändelschraube zur Befestigung des Prüflings
2. Klemmmechanismus mit einer gefederter Raste, die ein schnelleres Wechseln des Prüflings ermöglicht.
3. Verwendung eines Adapters, der auch in der Endprüfung zum Einsatz kommt. Eine Aufnahme für den Adapter wäre zu konstruieren.

Gewählt wurde die einfachste Variante 1. Da der Prüfstand für Reparaturen und Diagnosen ausgelegt wird, steht das schnelle Wechseln des Prüflings nicht im Vordergrund. Des Weiteren sollte der Projektfortschritt nicht durch Nebenkonstruktionen behindert werden.

3.8 Hardwareauswahl

LabVIEW ist für verschiedene Software- und Hardwareplattformen wie Windows, Mac OS, Sun Solaris und Linux erhältlich. Windows ist im Werk Bergheim vorherrschend und daher für die Entscheidung maßgeblich. Prinzipiell ist es egal, welchen Rechnertyp man verwendet, solange die notwendigen Analog- und CAN-Schnittstellen realisierbar sind. Das vorhandene Notebook mit Pentium 2 Prozessor erfüllt die Anforderungen der Software gerade noch ausreichend und eignet sich außerdem für zusätzliche Windows-Programme, die im Zusammenhang mit dem ACR stehen.

Die Spannungsmessung über den A/D Wandler bedarf an dieser Stelle keiner besonderen Betrachtung, die Strommessung jedoch ist unter Umständen von der Stromversorgung abhängig. Besonderheit bei der Verwendung des Netzteiles von *Delta Elektronik SM30-100 D*: Ein Ausgang des Netzgerätes liefert eine dem Ausgangsstrom proportionale Spannung. Alternativ kommt der Einsatz eines Shunts mit Messverstärker in Frage. Die entstehende Spannung an dem Messwiderstand darf nicht zu groß sein, umgekehrt benötigt der A/D Wandler eine genügend hohe Spannung, um mit seiner Auflösung noch ausreichend Genauigkeit zu besitzen. Es können Potentialprobleme auftreten, da die Zuleitungen einen nicht vernachlässigbaren Scheinwiderstand haben. Gewählt wurde letztendlich die Variante mit dem Shunt, da der Prüfstand sodann von einem speziellen Netzteil unabhängig ist und auch mit Akku betrieben werden kann.

4 Lösungsansatz mittels Fahrzeugsimulation

4.1 Zielsetzung

Für die Fertigung von CAN Bus-gesteuerten Gurtstraffern für Kraftfahrzeuge ist es notwendig, das fertige Produkt auch einer Prüfung unterziehen zu können. Wegen der hohen Komplexität der CAN-Kommunikation und dem Zusammenspiel einer größeren Anzahl von Steuergeräten im Fahrzeug ist es vorteilhaft, die einzelnen Steuergeräte per Software unabhängig von einem Fahrzeug zu emulieren. LabVIEW verfügt unter anderem über die Möglichkeit, CAN Interfaces anzusteuern und wurde dafür gewählt. Die Struktur des Programms ist im Flussdiagramm in Abbildung 7 dargestellt. Einige Details der Softwareentwicklung werden etwas später in Kapitel 4.5 vorgestellt. Das Hardwarekonzept (Abbildung 6) umfasst die messtechnische Erfassung der Gurtkraft am ACR, sowie die elektrischen Größen, die die Stromversorgung betreffen.

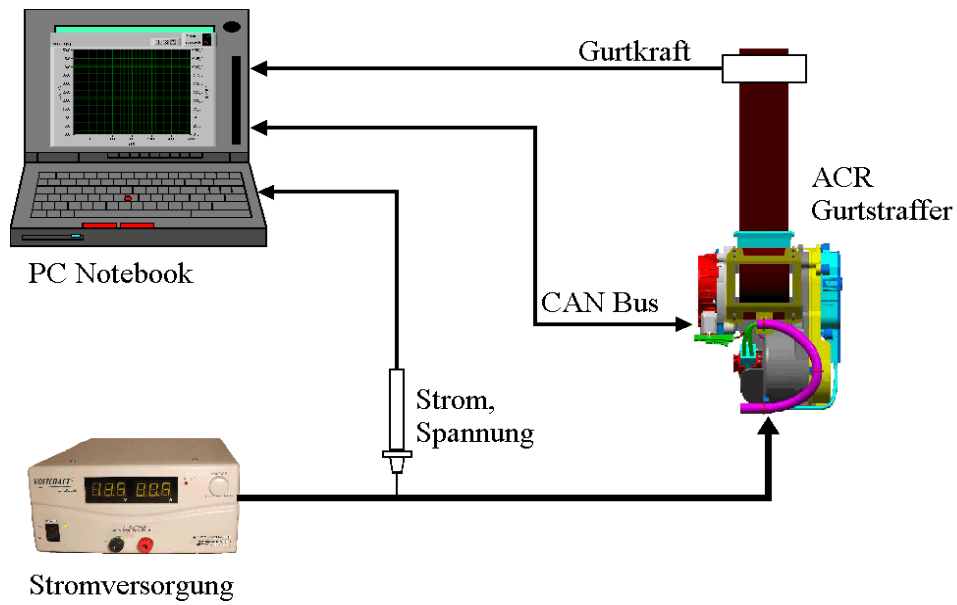


Abbildung 6, Hardwareübersicht

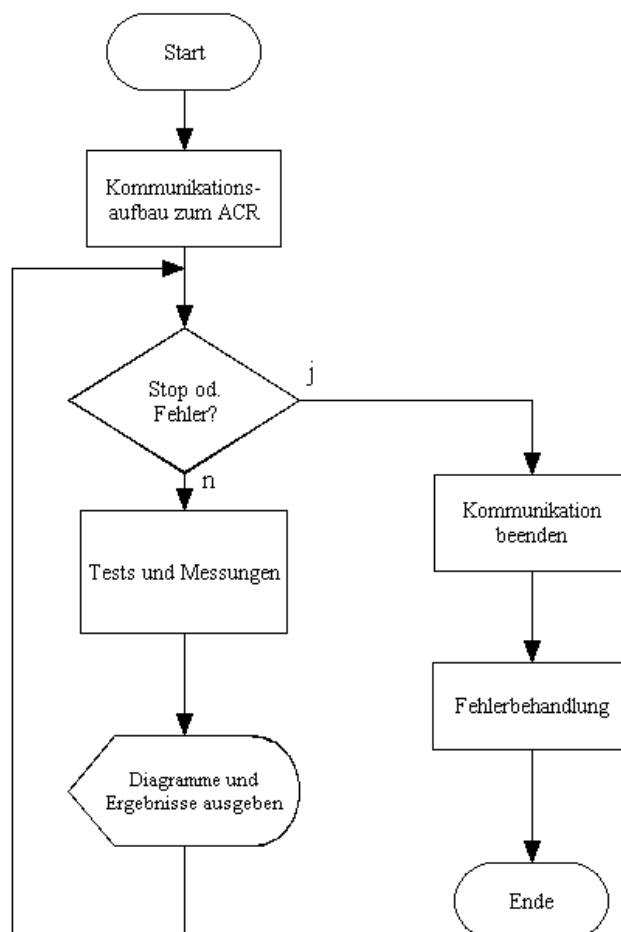


Abbildung 7, Flussdiagramm Übersicht

4.2 Ausgangssituation der Entwicklung

Zunächst konnte der Autor über eine so genannte „Starterbox“ verfügen, mit der man das Vormodell der aktuellen Gurtstraffer auslösen konnte. Sie enthielt einen fest programmierten Mikrocontroller mit CAN Interface, einige Schalter zum Setzen von Bremslicht, ESP und Fahrzeugquerbeschleunigung. Die aktuellen Gurtstraffer benötigen jedoch schon einige zusätzliche Informationen, um ausgelöst werden zu können. Somit war die Lösung mit der Starterbox nur wenig befriedigend, da man die fehlenden CAN Botschaften mittels zusätzlicher Einrichtungen wie PC und P-CAN Explorer (Softwareprodukt) erzeugen musste. Zum Zweiten waren viele Parameter durch den fest programmierten Mikrocontroller fix vorgegeben, was den Spielraum bei Versuchen einschränkte. Die nächsten Versuche die auf die ausschließliche Verwendung des P-CAN Explorers basierten, bei denen man mehrere CAN Botschaften in regelmäßigen Abständen absetzen kann waren durch neue Probleme beschränkt: Über einige Botschaften mussten Prüfsummen gebildet werden, was mit dieser einfachen Software aber nicht ohne weiteres möglich war. Nicht zuletzt dadurch war für diese Aufgabe LabVIEW prädestiniert, da man hier eine umfassende mathematische Unterstützung vorfindet.

4.3 Das Programmierkonzept

Verwendet wurde die Kommunikationsmatrix von Daimler-Chrysler / TRW, die angibt, welches Steuergerät im Kraftfahrzeug an welches andere unter welcher CAN-Knotenadresse welche Informationen sendet. So war es möglich, einen Knoten nach dem anderen in LabVIEW zu implementieren. Jeder Knoten muss eine bestimmte Nachricht zyklisch senden, so wie es die Steuergeräte im Fahrzeug auch tun. Die Nachrichten unterschieden sich in der Anzahl der gültigen Bytes, der Sendefrequenz und der Codierung. Die Daten sind binär repräsentiert, sind aus Bitgruppen zusammengesetzte Bytes oder ASCII-Zeichen, sowie dazugehörige Checksummen, die gebildet werden. Die Programmierung der verschiedenen Knoten konnte unabhängig voneinander geschehen, da die Knoten zueinander nicht synchron sein müssen und das Testen der Software bis kurz vor der Fertigstellung vom Prüfling unabhängig war. Erst mit der Implementierung des letzten notwendigen Knotens wurde das Auslösen des Gurtstoppers möglich. Die gesendeten CAN-Botschaften wurden mit einem zweiten PC kontrolliert, der mittels P-CAN Dongle (Parallelport-CAN Adapter) und P-CAN Explorer den Datenverkehr am CAN Bus protokollierte. Dadurch war wirkungsvolles Debuggen möglich. Ein Empfang von Daten, die vom Gurtstraffer gesendet wurden, war möglich aber nicht notwendig und die emulierten Steuergeräte durften ihre Botschaften auch in beliebiger Reihenfolge senden. Dies geschah mit der Einschränkung, dass sie die Botschaften in genau definierten Zeitabständen senden mussten, da der ACR (Active Control Retractor, Gurtstraffer) ansonsten infolge von timeouts in einen Fehlermodus wechselte.

Ein LabVIEW Programm besteht aus zwei Teilen, dem Diagramm, in dem alle Funktionen „verdrahtet“ werden, also die logischen Abläufe in einer Grafik dargestellt werden und dem Frontend, das ist das Benutzerinterface mit den Drehknöpfen und den Eingabezeilen, das man dann vom fertigen Programm sieht.

Ein solches Frontend wie in Abbildung 9 dargestellt, musste geschaffen werden, um alle relevanten Messwerte und Statussignale, die im normalen Anwendungsfall des ACR von den Steuergeräten kommen, komfortabel eingeben zu können. LabVIEW stellt hier standardmäßig Taster, Schalter, Drehregler, Schieberegler, Eingabefelder und andere Bedienelemente in großer Zahl zur Verfügung.

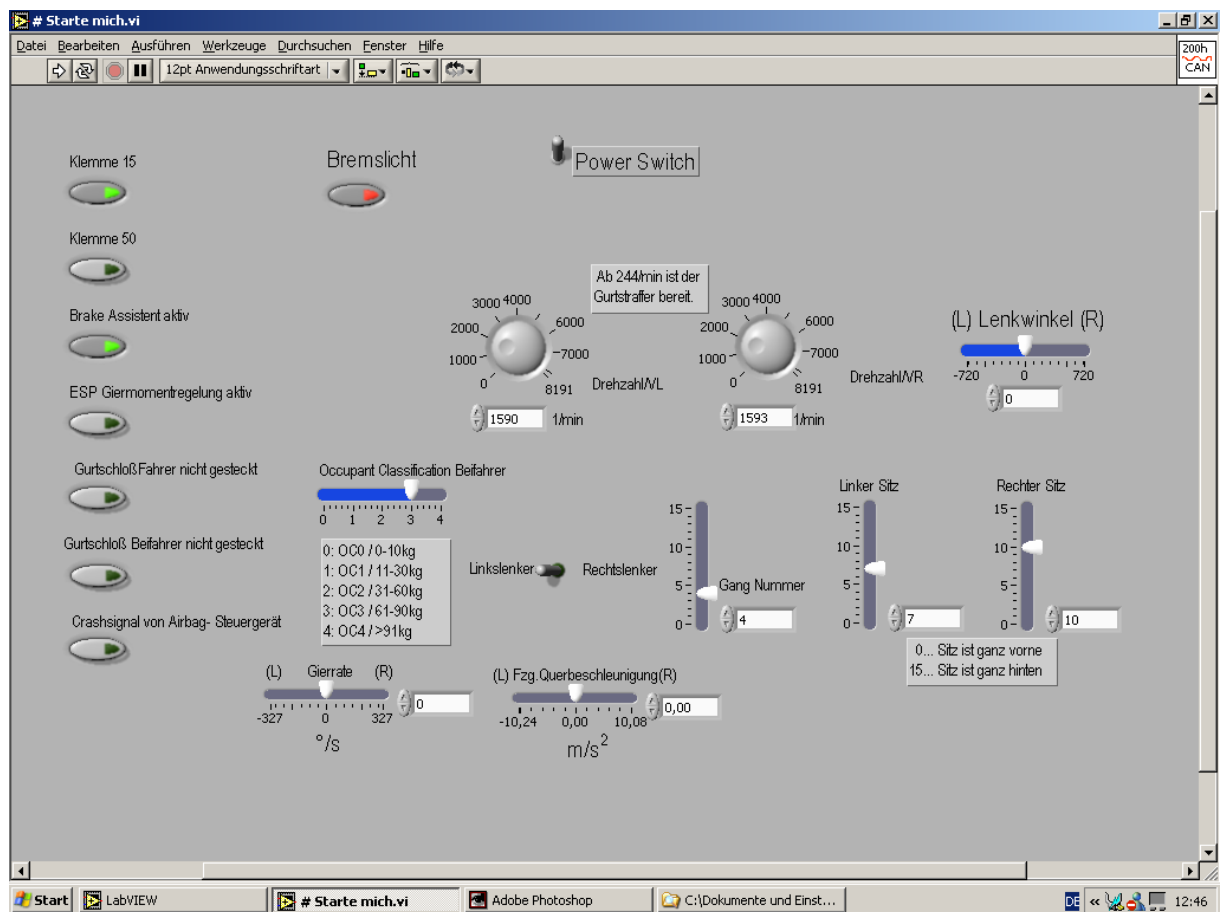


Abbildung 9, Fahrzeugsimulation in LabVIEW

4.5 Detaillösung

Ein Knoten soll jetzt erläutert werden. Im folgenden Beispiel wird die Emulation des Steuergerätes gezeigt, das den aktuellen Lenkwinkel auf den Bus sendet. Laut Kommunikationsmatrix geschieht die Kommunikation auf Adresse 0x238. Also wird zuerst

ein CAN Objekt erzeugt, das mit dem Standard 11-Bit-Identifizier auskommt und die Adresse 0x238 beinhaltet. Siehe Abbildung 10, Definieren des CAN Objektes

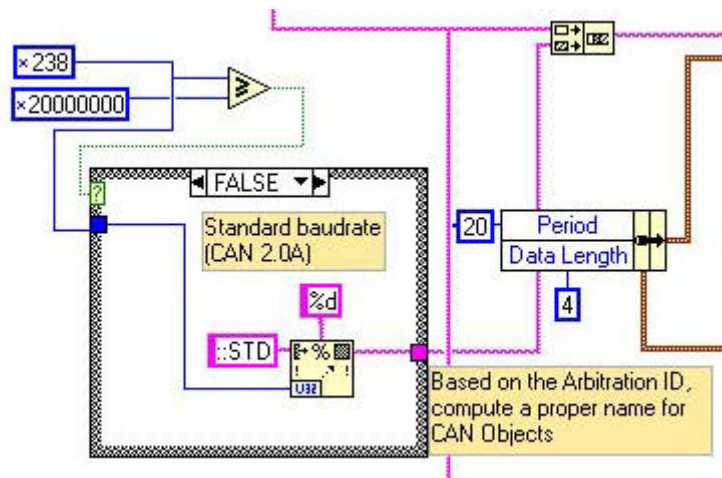


Abbildung 10, Definieren des CAN Objektes

In weiterer Folge muss das CAN Objekt dann real angelegt und mit weiteren Optionen versehen werden. Die Sendeperiode, die Längen der Schreib-Warteschlange, sowie die Länge des CAN-Rahmens in Bytes zählen hier zu den wichtigsten. In Abbildung 4 sind diese Einstellungen als Konstante definiert und in dem doppelt braun umrahmten Feld zu sehen. Der dicke graue Rahmen ist eine FOR-Schleife, die alle 200ms ausgeführt wird. Darin wird der Lenkwinkel, der am Frontpanel vom Benutzer mittels Drehregler eingestellt wurde, in Bytes umgesetzt und in den CAN Rahmen eingesetzt. Abbruchbedingung für die Schleife ist der Power Switch; sobald dieser auf „aus“ gestellt wird, wird auch das CAN-Objekt geschlossen und eventuelle Fehler werden ausgegeben. Das Unterprogramm *Winkel to Byte* wird an dieser Stelle noch kurz erklärt. Zunächst liegt der Lenkwinkel als vorzeichenbehafteter 16-Bit Integer vor, wobei das Vorzeichen die Lenkrichtung rechts bzw. links bedeutet. Im linken Teil der Abbildung wird zuerst der Betrag gebildet, mit 2 multipliziert, der Integer dann in ein Boolesches Array konvertiert, weiter in einen Cluster von Bits, die dann aufgeschlüsselt werden. Aus einigen dieser Bits wird die Parität gebildet und in anderer Folge wieder zu Bytes gruppiert. Danach wird aus dem Cluster von Bits in mehreren Schritten ein Feld von vorzeichenlosen 8-Bit Integers gebildet und dem Hauptprogramm in dieser Form zurückgegeben. Alle weiteren Knoten wurden dann nach demselben Schema programmiert und bestehen parallel nebeneinander.

4.6 Brauchbarkeit der Lösung mittels Fahrzeugsimulation

Das Testen der Software verlief ohne nennenswerte Schwierigkeiten, Fehler waren hauptsächlich in der Anordnung der Bits in den Nachrichten zu finden, sowie einfache logische Fehlinterpretationen der Definition des Aufbaus der Nachrichten. Nach der

Behebung der Fehler ließ sich der Gurtstraffer problemlos auslösen und lieferte auf den ersten Blick brauchbare Messungen. Jede Reaktion des Aggregates konnte genau kontrolliert werden. Beim Spielen mit den jetzt einstellbaren Parametern konnte man auch einige nichtdokumentierte Eigenschaften des ACRs herausfinden.

Allerdings stellte sich dabei auch heraus, dass der ACR bei keiner der möglichen Einstellungen genau so reagierte, wie es die ACRs im Prüfstand am Ende der Fertigungslinie taten, was zum Problem wurde. Weiters erwies sich dieser Test als nicht zielführend, da die Dauer des Straffens sehr stark von verschiedensten Parametern abhängig ist. Die Software war sehr flexibel gestaltet und konnte dennoch nicht die geforderte Kraft-Zeitfunktion des Straffers provozieren. Die Reproduzierbarkeit der Messungen von der Fertigungslinie war also nicht gegeben. Abhilfe dagegen war mit dieser Programmiertechnik nicht zu erhoffen, da nach intensiverem Informationsaustausch mit der Entwicklungsabteilung in Deutschland klar wurde, dass durch die Parametrierung des Aggregats das Verhalten wesentlich beeinflusst wird. Diese Parameter sind jedoch nicht einsehbar. Im ACR ist jedoch ein spezieller Testmodus implementiert, der auch am Endprüfstand verwendet wird. Dieser Test kann jedoch nur mit einer völlig anderen Art der Kommunikation mit dem Gurtstraffer, nämlich via *Keyword Protocol 2000* durchgeführt werden, die mit der Fahrzeugsimulation wenig gemeinsam hat. Damit war die Weiterentwicklung der Software auf Basis der simulierten Steuergeräte aussichtslos und wurde eingestellt. Die Grundvoraussetzungen für die Weiterarbeit mit KWP2000 waren jedoch geschaffen. Eine genauere Beschreibung findet sich in Kapitel 6.

5 Hardware

5.1 Elektrischer Teil

5.1.1 Strommessung und Tiefpassfilterung für Abtastung

Die Messung der Stromaufnahme des Prüflings erfolgt durch einen $10\text{m}\Omega$ Shunt, der in die Masseleitung eingefügt ist. Dieser Widerstandswert hat sich als günstig erwiesen, da einerseits noch eine für die A/D Wandlung brauchbare Spannung vorliegt, andererseits aber auch kein zu großer Spannungsverlust entsteht, der die Funktion des Prüflings beeinflussen könnte. Die Verlustleistung am Shunt ist nicht relevant, da die hohen Stromwerte immer nur für etwa 100ms auftreten. Die 25W, die bei 50A zustande kommen, führen durch die thermische Zeitkonstante des Shunts zu keiner Beschädigung und kaum einer Erwärmung. Die Wiederholrate der Leistungsspitzen ist ebenfalls begrenzt, da ein standardisierter Zyklus fünf bis sechs Sekunden dauert und ein allzu ambitioniertes Prüfpersonal durch

häufiges Hintereinanderausführen von Straffzyklen den ACR nach etwa zehn Straffungen zur thermischen Selbstabschaltung bringt.

Die Abtastung der stromproportionalen Spannung am Shunt erfolgt mit einer Samplingrate von 1kHz, was wegen der hochfrequenten Anteile in der Stromaufnahme ohne Tiefpassfilter zu Signalverfälschungen durch Aliasing führen würde. Zu diesem Zweck wurde ein Butterworthfilter 4. Ordnung entworfen, der auf einer Lochrasterplatine aufgebaut ist. In Abbildung 12, Tiefpass ist die fertig dimensionierte Schaltung zu sehen, die zur Erzeugung der notwendigen negativen Versorgungsspannung auch ein DC/DC-Konvertermodul enthält. Zum einen erleichtert diese potentialfreie Versorgung den Schaltungsentwurf und zum zweiten werden Störungen, die der Versorgungsspannung überlagert sind dadurch ebenfalls ausreichend unterdrückt. Der verwendete DC/DC Konverter war in der Bauteilesammlung des Autors vorhanden und ist ein älteres Modell, das im Handel nicht mehr erhältlich ist. Dieser kann unter Berücksichtigung der Potentialtrennung und der Leistungsfähigkeit jederzeit durch ein anderes Modell ersetzt werden.

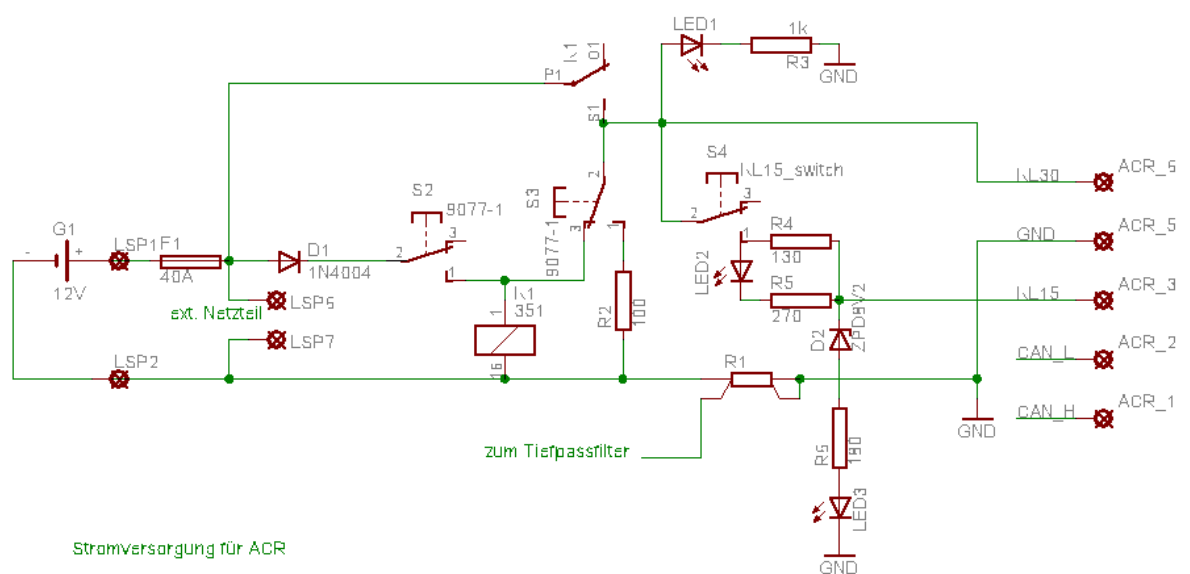


Abbildung 11, Stromversorgung

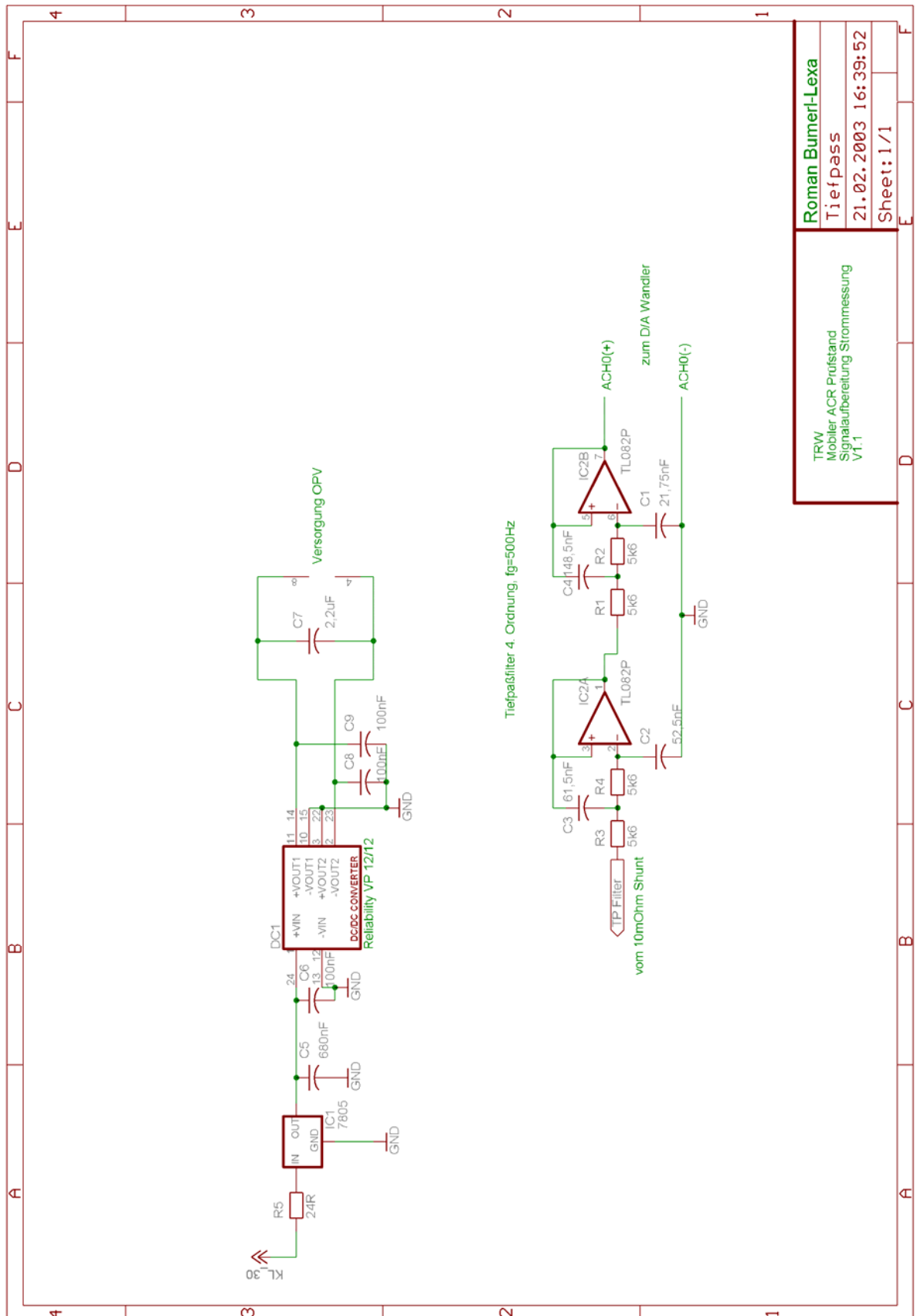


Abbildung 12, Tiefpass

5.1.2 Stromversorgung und Überlastschutz

Die Stromversorgung des Gurtstraffers ist so ausgelegt, dass defekte Prüflinge mit Kurzschluss keinen schwerwiegenden Schaden am Prüfgerät anrichten können. Der ACR wird mit einem 12V/3000mAh Akku versorgt und ist mit der unter der silbernen Abdeckung befindliche Schmelzsicherung F1 (40A) abgesichert, welche durch ihre Trägheit auch die Stromspitzen über 50A beim Entriegeln problemlos bewältigt. Alternativ zum Akkubetrieb besteht die Möglichkeit, das Prüfgerät durch ein stationäres Netzteil zu versorgen. Dieses muss allerdings in der Lage sein, die hohen Stromanstiegsgeschwindigkeiten des ACR zu befriedigen, bzw. die Spannung schnell genug nachzuregeln. Aus der Erfahrung des Autors eignen sich linear geregelte Netzteile dafür besser als Schaltnetzteile, die eine prinzipbedingt kompliziertere und meist langsamere Regelung haben. Der gleichzeitige Anschluss von Akku und Netzteil ist im Prüfgerät nicht konstruktiv verhindert und darf im Bedarfsfall nur unter ständiger Kontrolle der Stromaufnahme des Akkus und nur durch einschlägig erfahrenes Personal erfolgen, da dadurch ein Überladen des Akkus mit gefährlichen Folgen möglich wäre. Mit dem Taster S2 wird das Hilfsrelais K1 angesprochen, welches dann über seinen eigenen Arbeitskontakt in Selbsthaltung geht und den Laststrom liefern kann. Zum Abschalten ist der Taster S3 vorgesehen, über dessen Ruhekontakt der Selbsthaltestrom des Relais fließt. Die beiden Taster S2 und S3 sind im vorliegenden Fall durch einen Umschalter mit zwei Ebenen realisiert, der eine Mittelstellung hat, aus der er in beide Richtungen gegen eine Federkraft ausgelenkt werden kann. In der Ruhelage ist in jeder Ebene jeweils ein Kontakt geschlossen. Der Widerstand R2 beim Ausschaltetaster ist erforderlich, um eventuelle Kondensatoren in der Last zu entladen, damit das Relais nach dem Abschalten nicht gleich wieder anspricht. Die Leuchtdiode LED1 ist eine einfache Versorgungsspannungsanzeige, die LED2 wird über einem einfachen Shunt betrieben und signalisiert Stromflüsse in Klemme 15 des ACR, die größer sind als etwa 15mA. Wenn der Strom im Fehlerfall des ACR ansteigen sollte, ist er durch die Widerstände R4 und R5 auf etwa 150mA begrenzt. Die Klemme 15 entspricht dem „Zündung EIN“ im Fahrzeug und wird über einen kleinen Kippschalter mit Spannung versorgt. Solange dieser Strom kleiner als 10mA bleibt, bricht die Spannung an Klemme 15 auch nicht unter 10V ein, sodass LED3 weiterleuchtet und den Status „OK“ an Klemme 15 des ACR signalisiert. Die 8,2V Zenerdiode und die Flussspannung der grünen LED geben diesen Effekt. Der Shunt R1 hat einen Widerstand von 10m Ω und liefert eine stromproportionale Spannung, die im Tiefpassfilter für die Analog-Digitalwandlung aufbereitet wird und ist durch die Sicherung F1 bzw. die auf maximal 50A eingestellte Strombegrenzung des Netzteiles ausreichend geschützt.

5.1.3 Analog-Digitalschnittstelle

Eine zentrale Rolle spielt die Analog-Digitalumsetzung. Bei dieser Konstruktion wurde das Modell *DACCard-6024E* von National Instruments gewählt. Ausschlaggebend für die Auswahl waren die universellen Funktionen, die die Karte bietet.

- 12 Bit A/D Umsetzung auf 16 Kanälen single ended (bezogen auf Signalmasse) oder 8 Kanäle mit Differenzeingangskonfiguration
- 16 Bit D/A Umsetzung auf 1 Kanal
- Counter und Timer

Letztendlich war auch der Preis ein Kriterium für die Kaufentscheidung. Die 12 Bit Auflösung des A/D Wandlers erscheint auf den ersten Blick vielleicht als etwas gering, jedoch selbst die durch die ausschließlich positiv zu erwartenden Spannungen effektiv verbleibenden 11 Bit bieten eine Auflösung von etwa 5mV im Messbereich von 10V. Die Prüflinge haben deutlich geringere Genauigkeitsanforderungen, nämlich im ein- bis zweistelligen Prozentbereich.

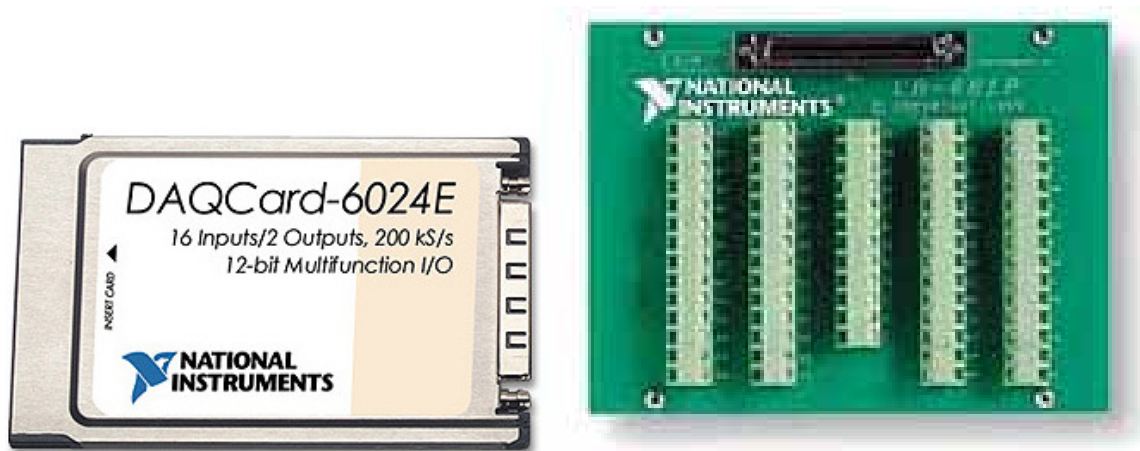
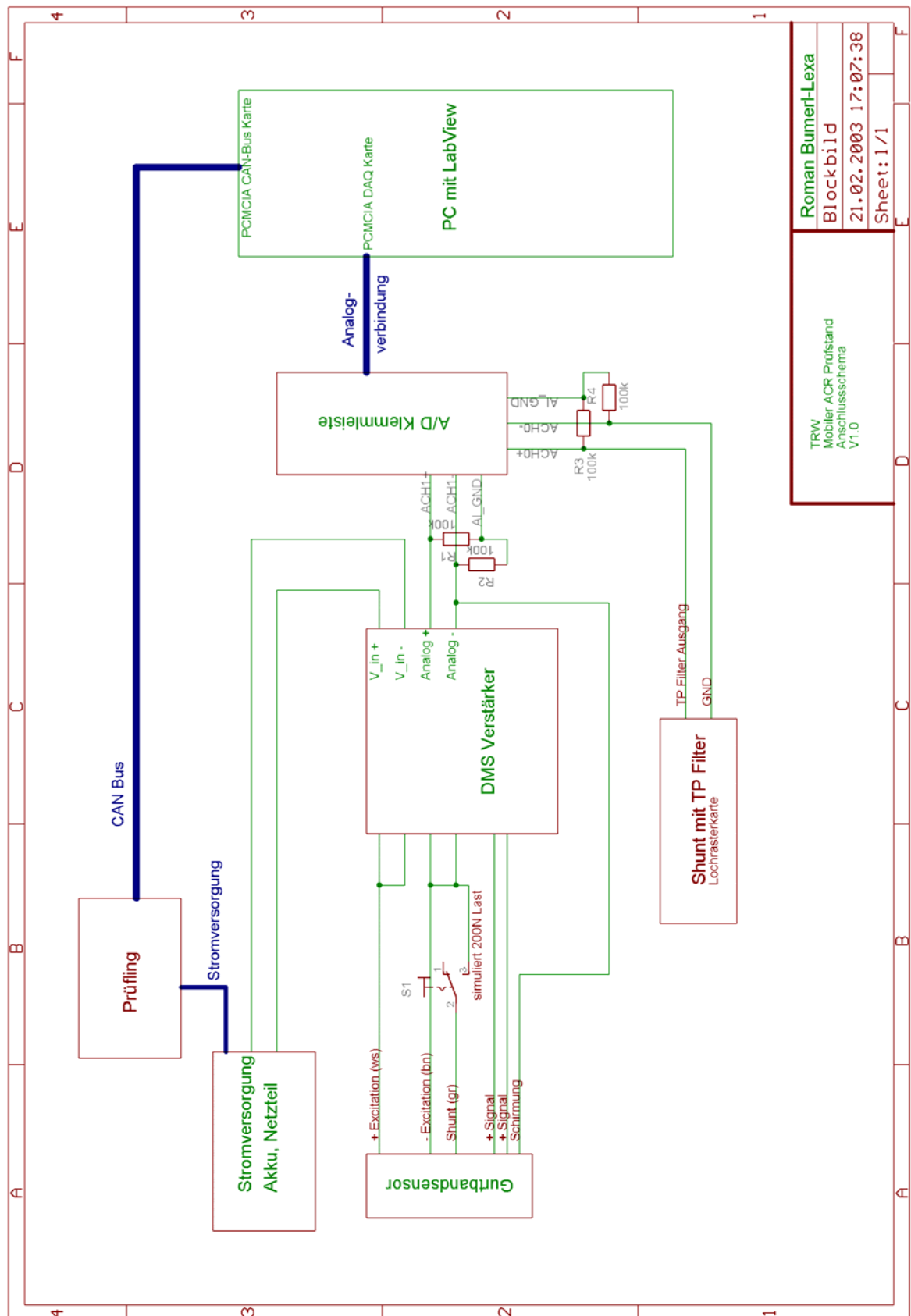


Abbildung 13, PCMCIA A/D Wandlerkarte und Connector Block

Verwendet werden die Analogeingänge in der differentiellen Betriebsart, wodurch Masseschleifen und Potentialprobleme durch die Strommessung mittels Shunt vermieden werden. Diese Einstellungen geschehen per Konfiguration in der LabVIEW-Software. Die Verkabelung erfolgt von der im Notebook steckenden PCMCIA-Karte über ein Flachbandkabel zum Connector Block. Diese Teile sind direkt vom Hersteller vorgegeben und können in verschiedenen Varianten bestellt werden. Die Anschlüsse der Strom- und Kraftmessung sind in Abbildung 14, Blockschaltbild mit A/D Wandler Details zu sehen. Die 100k Ω Widerstände sind notwendig, um das Abdriften der Potentiale der hochohmigen Eingänge zu verhindern. Lässt man sie weg, dauert es nicht lange und der A/D Wandler liefert nur mehr seinen minimalen oder maximalen Ausgabewert, unabhängig von der eingespeisten Spannung.



Die in Abbildung 14 mit A/D Klemmleiste beschriftete Einheit ist der oben abgebildete grüne Connector block. Die Schraubklemmen wurden mittels Klebeetiketten beschriftet, um die Wartbarkeit des Aufbaues zu verbessern und der Connector block musste nur noch in das Gehäuse eingepasst werden. Das Datenblatt zur DAC-Card 6024E ist im Anhang, Kapitel C zu finden.

5.1.4 Gurtkraftmessung

Die Umsetzung der Kraft im Gurtband in eine A/D wandelbare elektrische Spannung geschieht mittels eines eigens von Fa. Messring konstruierten Gurtkraftaufnehmers. Das gewählte Modell DK-11-11-21 wie in Abbildung 15 hat eine maximale Belastbarkeit von 500N, was für die Prüfung des ACR in Bezug auf die Auflösung gering genug ist. Gurtkraftaufnehmer dieser Bauart sind üblicherweise für Crashtests mit Dummies vorgesehen und für deutlich höhere Belastungen von etwa 20 bis 35 kN ausgelegt, was für diese Verwendung unbrauchbar ist, da bei einer Zugkraft von etwa 200N die Auflösung so eines Aufnehmers in diesem Bereich sehr gering ist. Als Beispiel die Nichtlinearität: Ausgehend von 1% des Messbereiches (25kN) wäre die zulässige Abweichung durch Nichtlinearität 250N. Der zu erwartende Messwert ist in der Anwendung 200N, daher ist die teurere Sonderbauform mit 500N Nennlast gerechtfertigt.

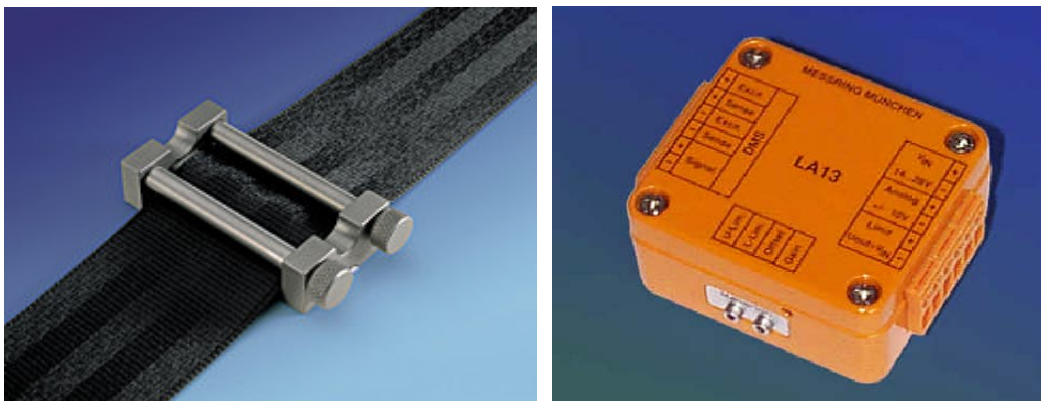


Abbildung 15, Gurtkraftaufnehmer und Messverstärker

5.1.5 CAN Interface

Als Interface wurde eine PCMCIA-Karte ausgewählt, um in einem Notebook Verwendung zu finden. Die benötigte Baudrate von 500kBit/s wird per Software eingestellt, die Versorgung des Busses übernimmt ebenfalls das Interface, wobei es dazu direkt die Stromversorgung des Notebooks in Anspruch nimmt. Das CAN Interface benötigt, um zuverlässig zu funktionieren, eine korrekte Verdrahtung. Da die Übertragungsgeschwindigkeit für die Verbindung zwischen den Steuergeräten mit 500kBit/s festgelegt ist, wird die Leitung beidseitig mit theoretisch 124Ω (praktisch 120Ω) abgeschlossen und mit einem verdrehten Adernpaar realisiert. Der 9-polige Sub-D Stecker, der in Abbildung 16, PCMCIA CAN Interface erkennbar ist, ist mit Schraubklemmen

versehen, in die einer der Abschlusswiderstände eingesetzt wird. Dadurch ist eines der beiden Endgeräte abgeschlossen. Dieser Stecker wird an das Prüfgerät angeschlossen. Dort wird die Leitung direkt zum Gurtstraffer weitergeführt, wo in dem entsprechenden zweiten Zuleitungsstecker direkt vor dem Prüfling ebenfalls ein gleichartiger Abschlusswiderstand mitverlötet ist. Dies ist notwendig, da der ACR im Kraftfahrzeug nicht am Ende des CAN-Busses liegt, wie hier in unserem Fall und daher keine Buserminierung integriert hat.



Abbildung 16, PCMCIA CAN Interface

5.2 Mechanischer Teil

5.2.1 Dehnmessstreifen-Gurtkraftmessung

Der Gurtkraftaufnehmer DK-11-11-21, dessen elektrische Eigenschaften in Kapitel 5.1.4 beschrieben werden, basiert auf einer zweifachen Umlenkung des Gurtbandes zwischen dem Korpus und zwei entnehmbaren Stäben. Das dadurch entstehende Biegemoment erzeugt Materialspannungen und -dehnungen in den an zwei gegenüberliegenden Stellen verjüngten Verbindungselementen, die von mehreren Dehnmessstreifen in Brückenordnung erfasst werden. Das Gurtband wird entweder durch den Gurtkraftaufnehmer gefädelt oder die beiden Stäbe werden herausgeschraubt und über dem Gurtband wieder eingeschraubt, was wahrscheinlich die häufigere Art der Anwendung sein wird, da auf dem Gurtband zum Zeitpunkt des Tests meist schon Beschläge angebracht sind. Die gesamte Anordnung wird am Prüfstand nicht fest montiert, sondern nur an geeigneter Stelle - zum Beispiel an der Aufnahmeschiene - am Prüfstand angebracht.

5.2.2 Aufnahmeschiene des ACR mit Gurtlose

Der Prüfling muss für die Tests einerseits befestigt werden, andererseits muss dafür gesorgt werden, dass der ACR während des Straffens auch etwa 20cm Gurtband aufrollen kann. Das Gurtband darf also nicht einfach fix eingespannt werden, sondern muss wie unter realen Bedingungen im Fahrzeug durch die Person etwas nachgeben können. Zu diesem

Zweck entwickelte der Autor eine selbst gefräste Alu-Schiene, in der ein Pneumatikzylinder mit Umlenkrolle eingebaut ist. Diese Umlenkrolle federt, je nach eingestelltem Druck mehr oder weniger stark ein. Der Druck wird durch eine kleine Handpumpe erzeugt und kann durch ein Schraubventil wieder abgelassen werden. Als günstig haben sich Werte um von etwa 2 bar erwiesen. Im Test ist der jeweils verwendete Druck zu protokollieren, da dadurch das Verhalten des ACRs beeinflusst wird.

Der Prüfling wird mit einer passenden M12-Schraube an der Schiene befestigt, das Gurtband wird um die pneumatikgefederte Umlenkrolle gelegt und an der Hinterseite der Schiene mit einer Klemmvorrichtung aus Alu, 2 Rändelschrauben und Gummi fixiert. Anschließend wird der Gurtkraftaufnehmer ebenfalls an der Hinterseite über das Gurtband gelegt. Dies hat den Vorteil, dass der Gurtkraftaufnehmer selbst keine nennenswerte Bewegung macht, wenn der Gurtstraffer gerade aktiv ist. Bei einer Montage an der Vorderseite würde er sich mit dem einziehenden Gurtband nach unten bewegen, die Messung verfälschen und unter Umständen beschädigt werden.



Abbildung 17, Montageschiene mit Gurtlose und Gurtkraftaufnehmer

5.2.3 Koffer und Gehäusedesign

Aus der Anforderung heraus, den Prüfstand „mobil“ zu gestalten, lag es nahe, das Gerät in einen Koffer zu integrieren. Darin wurde ein Gehäuse zu schaffen, in welchem die Signale elektronisch aufbereitet und die Akkus untergebracht werden. Dieses ist auch der Ausgangspunkt für die externe Verkabelung. Im verbleibenden Raum des Koffers wie in Abbildung 19 ersichtlich, passt das notwendige Zubehör hinein:

- Notebook
- Gurtkraftaufnehmer
- Montageschiene mit Gurtlose

Für das externe Netzteil ist kein Raum im Koffer vorgesehen, da es nicht unbedingt erforderlich ist und einen deutlich größeren Platz erfordert hätte. Die silberne Box im Inneren des Koffers (Abbildung 19 und Abbildung 18), die für die Elektronik und die Akkus vorgesehen ist, ist aus Sperrholz gefertigt und mit bedruckter Kunststoffolie kaschiert. Durch die bebilderten Beschriftungen der Anschlüsse direkt am Prüfgerät ist das Aufbauen deutlich vereinfacht, ebenso durch vertauschungssichere Wahl der Steckverbinder.

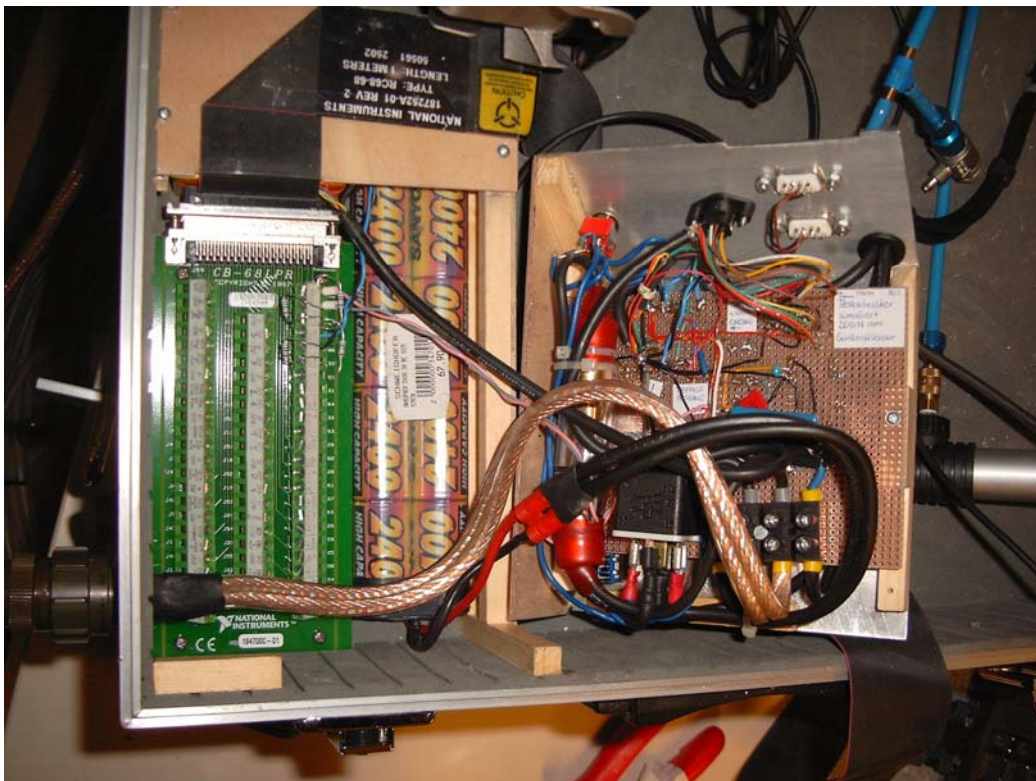


Abbildung 18, Elektronikbox geöffnet



Abbildung 19, Design des Koffers während der Entwicklung

6 Die Realisierung mittels TRW Frames

6.1 Übersicht

In den folgenden Abbildungen wird die Struktur des LabVIEW Programms gezeigt. Die tatsächlich vorhandenen Prozesse laufen teilweise sequentiell und teilweise parallel ab. In Abbildung 23 findet u. a. die Kommunikation mit dem zweiten Prozess statt. Dieser Programmteil läuft neben dem Hauptprogramm und wartet auf ein Startflag um mit der A/D Wandlung zu beginnen.

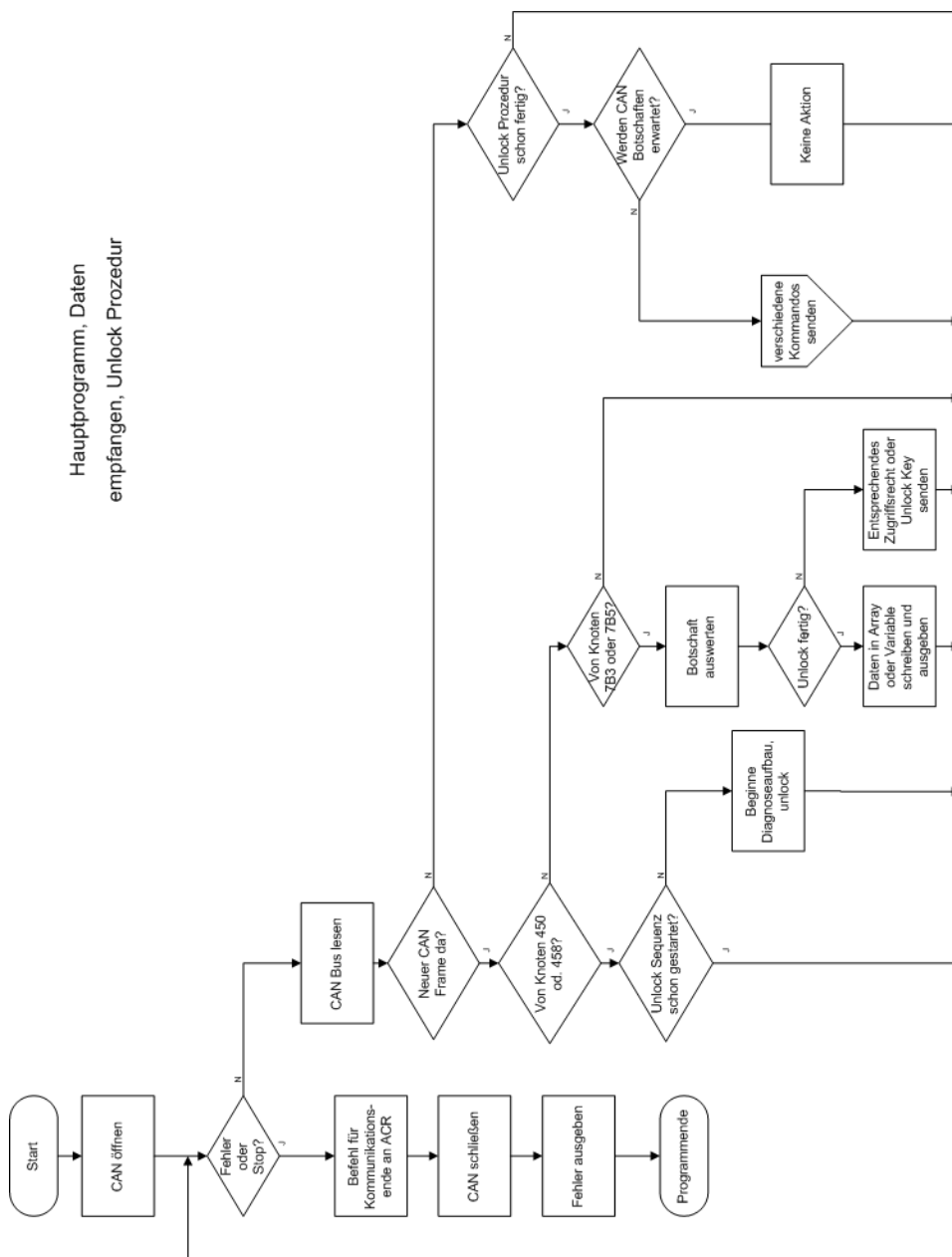


Abbildung 20, Flussdiagramm Hauptteil

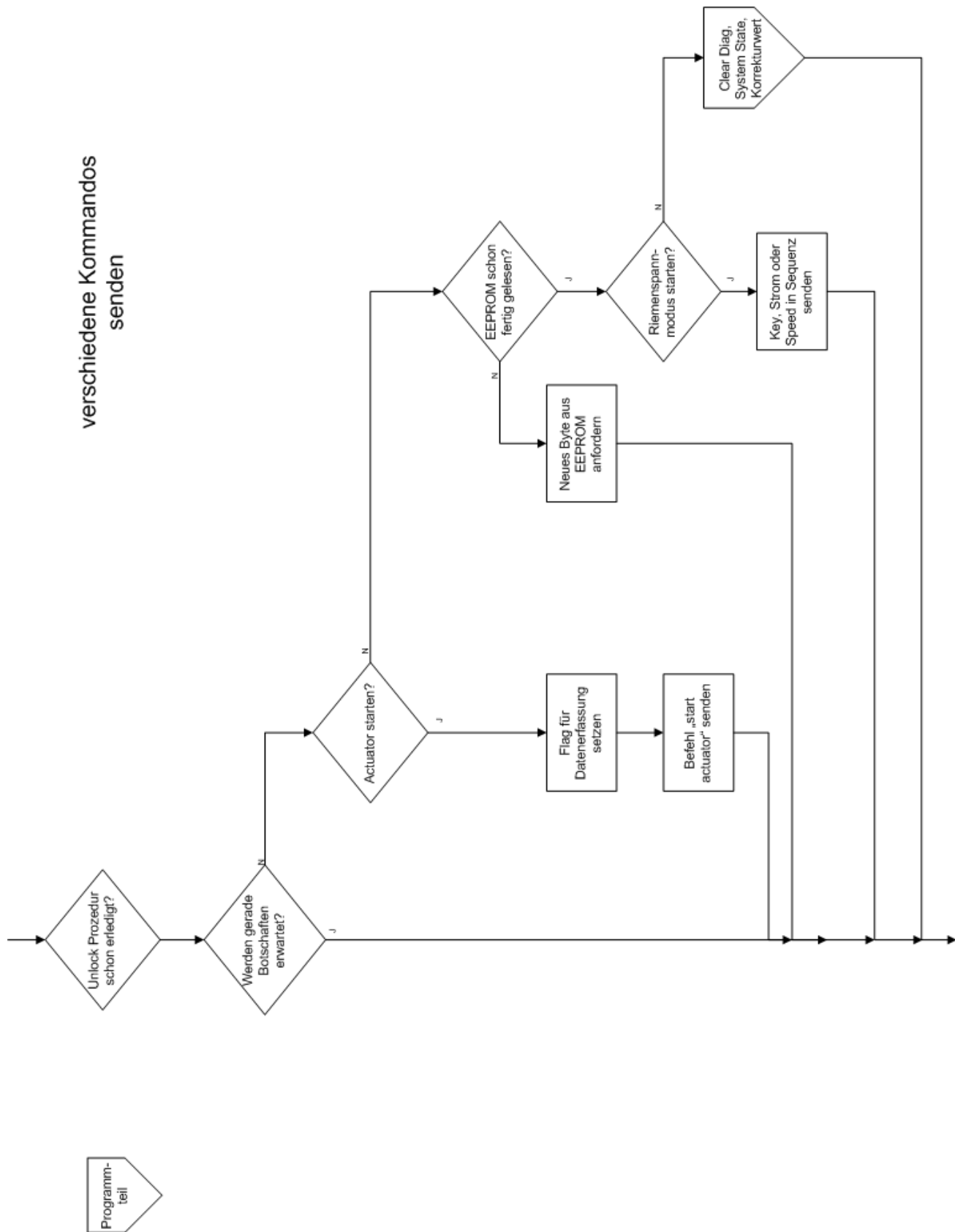


Abbildung 21, Flussdiagramm, Kommandos

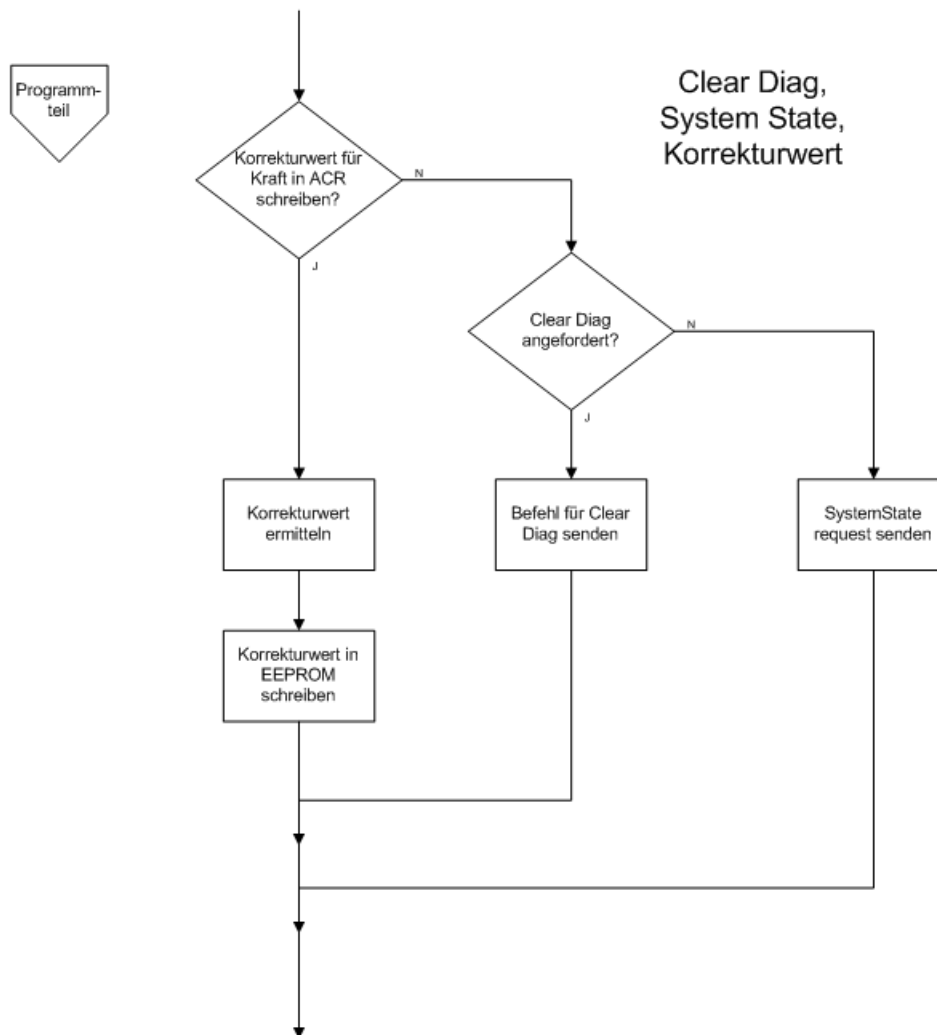


Abbildung 22, Flussdiagramm Clear Diag

Die parallel laufenden Funktionen sind im Flussdiagramm nicht dargestellt, da sie aufgrund des Detaillierungsgrades nur im LabVIEW Diagramm aufscheinen. Vier häufig benutzte Knotenadressen sind Sendeknoten der Prüflinge. Hierbei sind jedoch immer nur zwei gleichzeitig in Verwendung (Linkes oder rechtes Teil). Wenn gerade keine Botschaften erwartet werden (Abbildung 21), können neue Anforderungen gesendet werden. Wenn keine Kommandos vom Benutzer gesendet werden, sendet die Software selbständig die Anforderung nach dem System State. Diese Anforderung wird als „Tester-Present-Message“ akzeptiert. Damit wird die Kommunikation zum Prüfling in Gang gehalten. Unterbleibt diese Kommunikation für mehr als 1,5s bricht der ACR die Kommunikation ab.

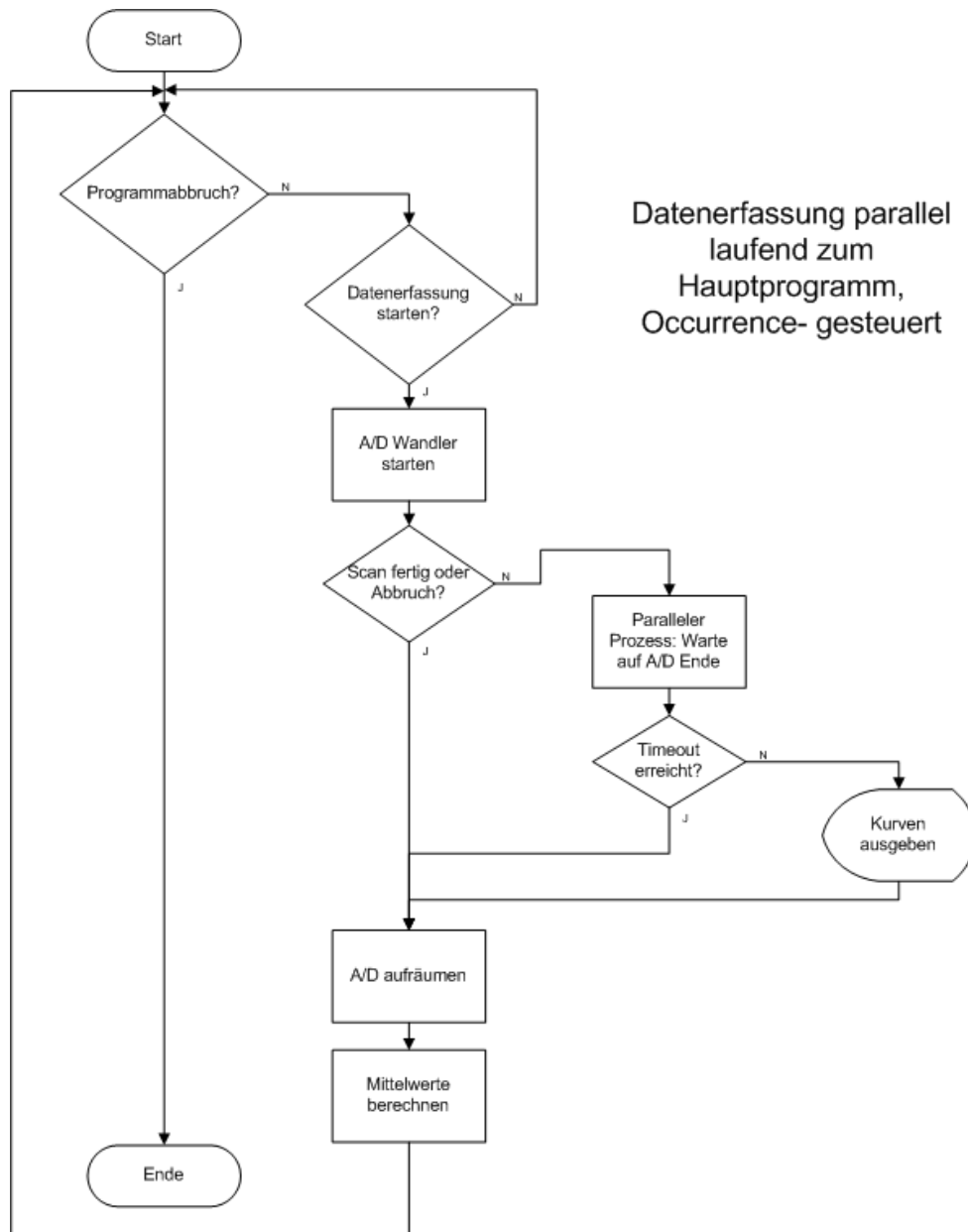


Abbildung 23, Flussdiagramm Datenerfassung

6.2 CAN Programmierung

6.2.1 CAN öffnen und schließen

Bevor mit der eigentlichen CAN Kommunikation begonnen werden kann, sind einige Initialisierungen durchzuführen. Dazu zählen die Baudrate (500kBit/s), Maskierungsbits für

kurze oder lange Identifier (alle Bits 0; keine Vorfilterung), Lese- und Schreibqueuelänge (200 Bytes / 0 Bytes), sowie die Definition der Identifierlängen (kurze für CAN 2.0A). Diese Einstellungen werden im Programm nur einmal nach dem Start festgelegt. Mit diesem Config-String und dem Befehlen „CConfig“ und „COpen“ wird ein Object Handle erzeugt, das für alle CAN- Schreib- und Lesevorgänge benötigt wird.

Am Ende des Programms wird das Interface mit „CClose“ geschlossen und eventuelle Fehler in einem Textfenster ausgegeben. Während der Testphase der Software wurde beispielsweise das CAN-Interface einmal nicht erkannt, da das Notebook längere Zeit unbenutzt eingeschaltet war und in den Standby-Zustand gegangen war. Das Aufwachen aus dem Standby ist für die PCMCIA-CAN Karte herstellerseitig nicht ordnungsgemäß implementiert. Derartige Fehler fallen damit schnell auf und können dadurch auch effizienter behoben werden.

6.2.2 Unlock Befehlskette

Nachdem das Programm initialisiert ist, wird sofort versucht, die Kommunikation mit dem ACR aufzubauen. Dazu muss sich die Prüfsoftware beim Betriebssystem des ACR authentifizieren. Dies geschieht mittels Keyword Protocol 2000 (KWP2000) nach [TRW02] wie folgt in mehreren Schritten.

Zuerst wird der Diagnoseaufbau durch Senden des TRW Frame-Kommandos unter der entsprechenden Knotenadresse, abhängig von der Einbauseite des Gurtstraffers im Kraftfahrzeug, gestartet.

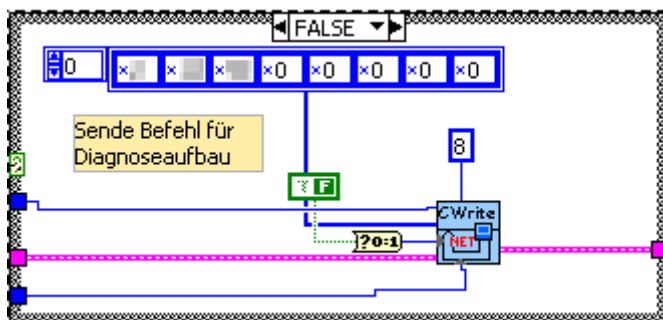


Abbildung 24, Diagnoseaufbau

Danach wird auf eine entsprechende Reaktion der ECU gewartet.

Sobald diese Botschaft eintrifft, wird das Flag „Unlock0 ok“ auf TRUE gesetzt. Damit kann dann die nächste Zugriffsberechtigung gesendet werden:

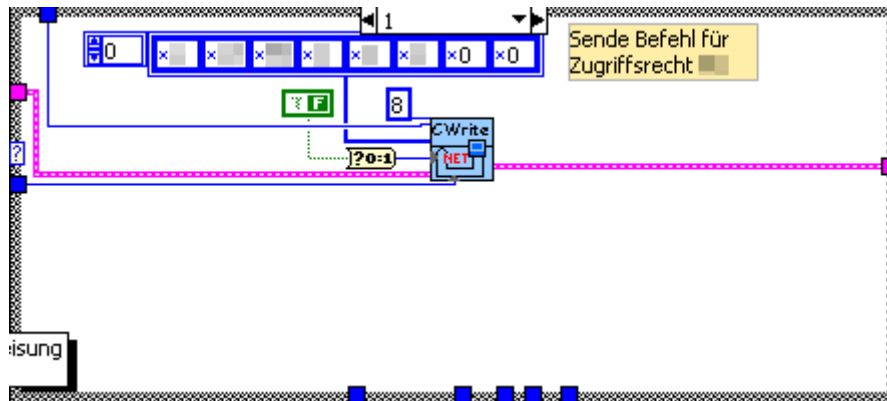


Abbildung 25, Zugriffsrecht

Als Antwort sendet daraufhin der ACR eine Botschaft mit zwei Bytes, die dann im nächsten Schritt bitinvertiert an den ACR zurückgesendet wird:

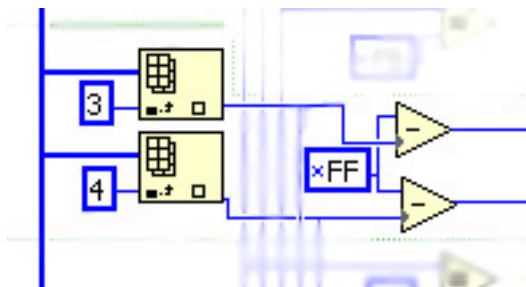


Abbildung 26, Bitweise Inversion

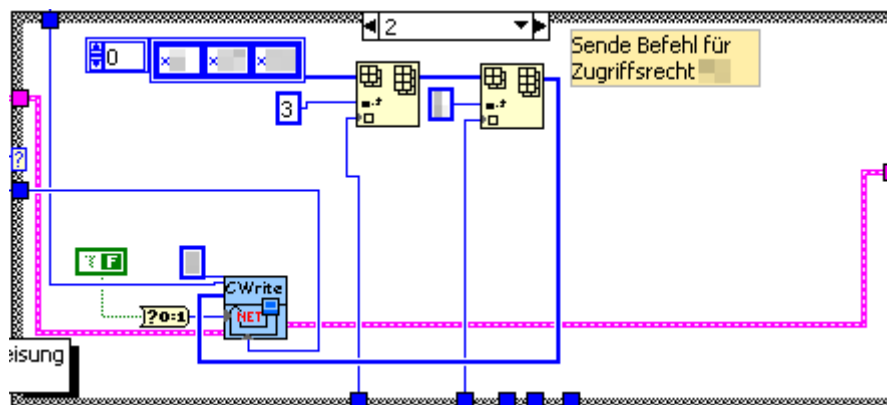


Abbildung 27, Sende bitinvertierte Antwort

In Abbildung 27 werden die beiden Bytes mittels der gelben, quadratischen Symbole „in Array einfügen“ zu einer ganzen Nachricht zusammengesetzt. Nachdem der ACR passend geantwortet hat, wird der Unlock Key gesendet (Abbildung 28), der in der Folge auch die Zugriffsrechte regelt. „XX YY ZZ SS <key>“ sind die letzten vier Bytes der Nachricht und bedeuten im Einzelnen:

XX: Anzahl gültiger Bytes in der Nachricht

YY: Speicher schreiben

ZZ: Subfunktion ZZ(hex)

SS: TRW-Protokollbefehl CMD_UNLOCK_1=SS

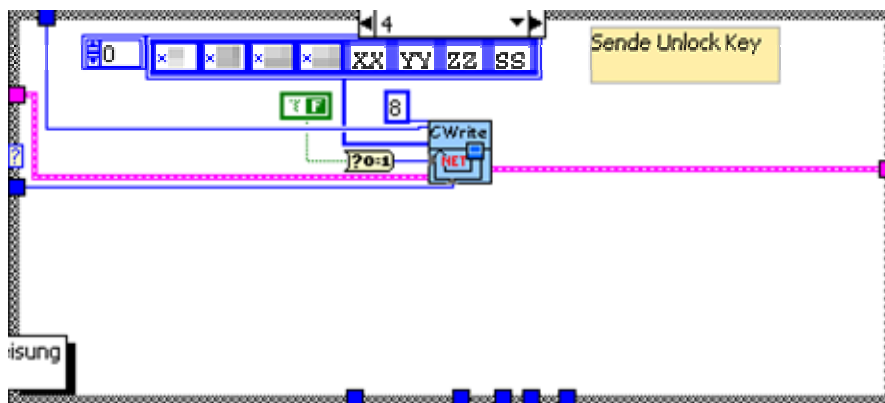


Abbildung 28, Unlock Key

Wenn der Key akzeptiert wurde, sendet der Prüfling die Softwareversion in Form von vier ASCII-Codierten Zeichen. Diese müssen ebenfalls bitweise invertiert und wieder an den ACR zurückgesendet werden. Speicherschreiben mit Subfunktion ZZ und dem Protokollbefehl CMD_UNLOCK_2=S2 ist in Abbildung 29 dargestellt.

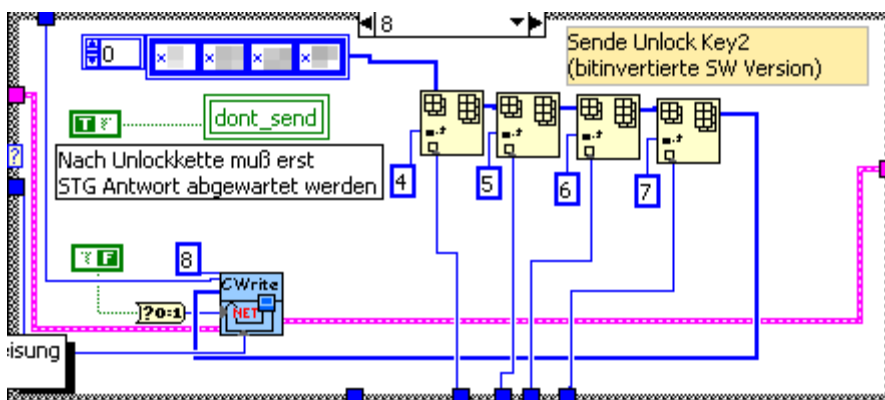


Abbildung 29, Unlock 2

Die eigentliche Unlock-Prozedur ist damit beendet. Um den Zustand des ACR sofort am Bildschirm anzeigen zu können, ist noch die Abfrage des System States (Abbildung 30) in die Unlock Befehlskette aufgenommen worden.

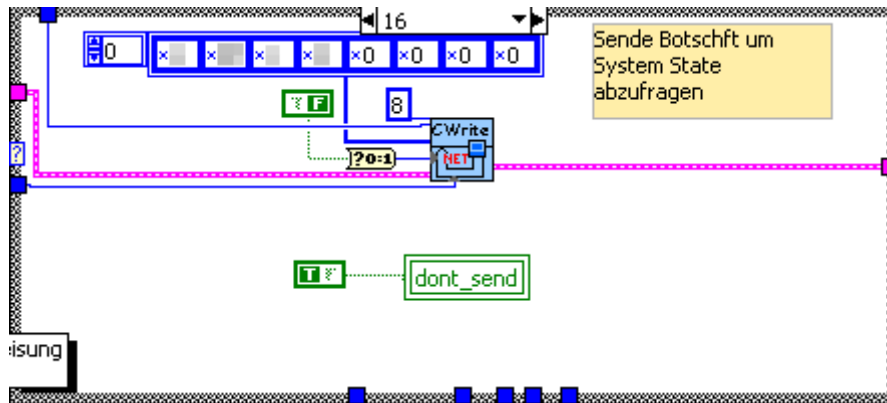


Abbildung 30, System State abfragen

6.2.3 Actuator starten

Das wahrscheinlich am häufigsten eingesetzte Kommando ist „Start Actuator“. Es löst einen standardisierten Straffzyklus aus, der den Gurt sofort nach dem Befehl strafft, für etwa drei Sekunden hält oder fester zieht und danach den eingesteuerten (mechanisch verriegelten) Gurt wieder entriegelt. Variiert wird hier nach Bedarf nur der Entriegelungsvorgang. Dieser wird bei Versagen einmal wiederholt.

Gemeinsam mit dem Strafbefehl wird zeitkorrigiert auch der Datenerfassungsprozess gestartet. Beides ist im Bild unten dargestellt. Ebenfalls sind zusätzliche Maßnahmen durch manuelles Setzen des Statuscodes in der Software getroffen, um ein mehrfaches Ausführen des Befehles „Start Actuator“ durch den Operator zu verhindern, was zu Fehlmessungen führen könnte. Der Statuscode wird von dieser Prüfsoftware nur mit geringster Priorität abgefragt und könnte daher nicht rechtzeitig aktualisiert worden sein.

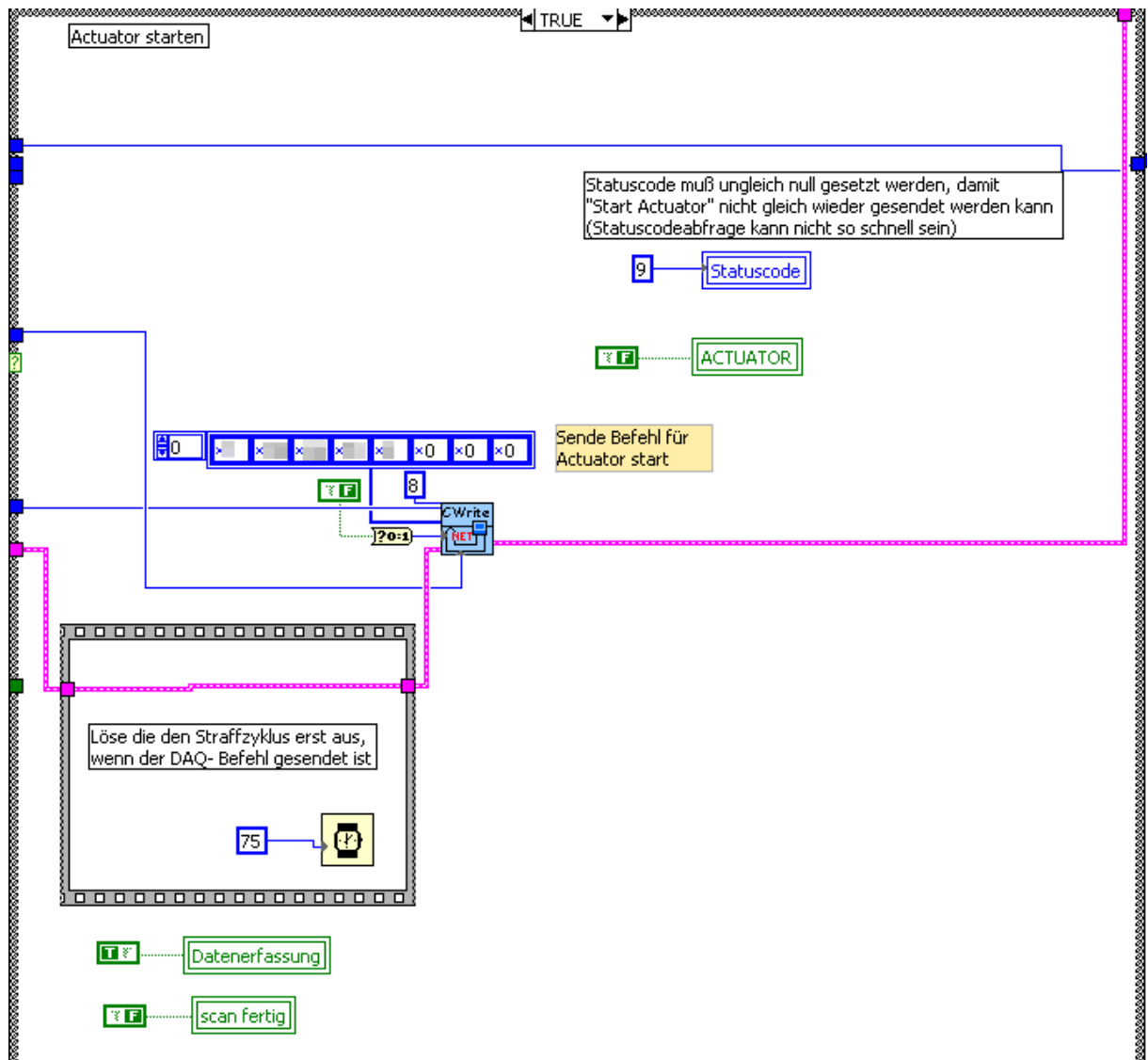


Abbildung 31, Start Actuator

In der Abbildung oben ist eine Case-Anweisung zu sehen, die durch den grauen äußeren Rahmen gebildet wird. Am oberen Rand lässt sich die Bedingung einstellen, mit der die Abarbeitung der darin enthaltenen Kommandos verknüpft ist. In dem blauen Feld „Statuscode“ wird die gleichnamige Integer-Variable (LabVIEW stellt Integer blau dar) auf 9 gesetzt. Mit den grünen booleschen Variablen geschieht dies auf gleiche Weise. Der blaue längliche Rahmen mit den Zahlen 0x<Byte> u.s.w. ist ein eindimensionales Array, das die Nutzinformationen für das Senden eines CAN-Frames beinhaltet. Dies erledigt das hellblaue Quadrat „CWrite NET“. Hier wird eine Stringvariable durchgeschleift, die die Fehlermeldungen enthält, falls etwas nicht funktionieren sollte. Der symbolisierte Filmstreifen erzwingt ein sequentielles Verhalten in dem ansonsten parallel abgearbeiteten Case-Rahmen. Hier werden 75ms gewartet, bevor der CAN Frame gesendet wird.

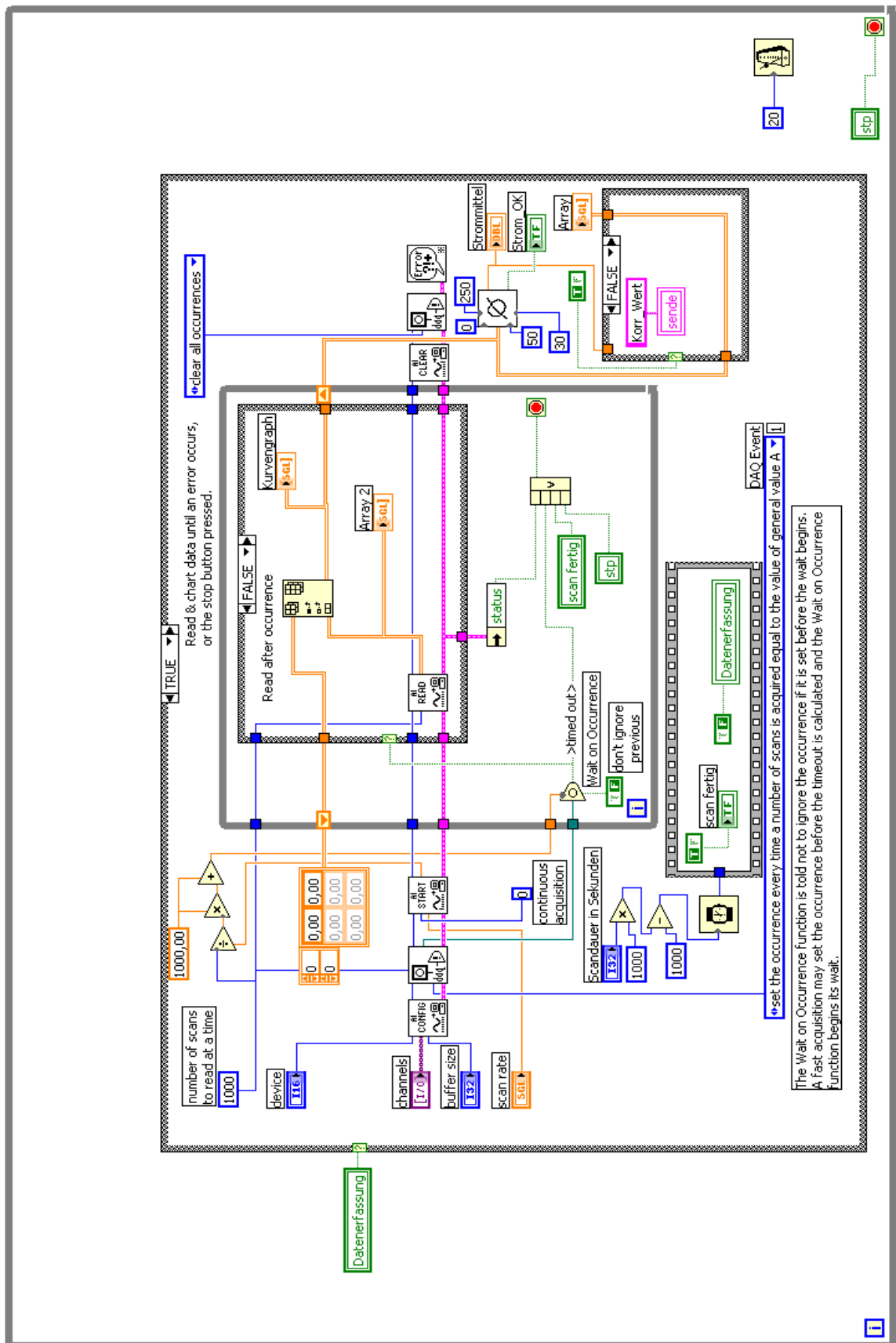


Abbildung 32, Datenerfassung

6.2.4 Datenerfassung

Der Analog / Digitalwandler wird mit Hilfe von Interprozesskommunikation programmiert. Der Grundgedanke dabei ist, den Puffer des Analoginterfaces möglichst schnell und ressourcenschonend in ein Array zu übertragen. Nach dem Start des Wandlungsprozesses wird auch die Routine aktiv, die auf das Übertragen des Puffers wartet.

In Abbildung 32 ist die Konfiguration des Analogeinganges zu sehen. Im quadratischen Symbol AI steht die Abkürzung für Analog Input, danach ist die DAQ-Ereigniskonfiguration, also die Definition, wie der Digital-Analogwandler mit dem eigenen Programm zusammenarbeiten soll. Erst nach dem „AI Start“ beginnt die eigentliche Datenerfassung. In diesem Fall wird die *Occurence* gesetzt, sobald 1000 Scanwerte - also nur ein Teil des gesamten Durchlaufes - von der Karte erfasst worden sind. Durch das Setzen dieser *Occurence* wird der innere Teil der Schleife aktiv und „AI Read“ wird ausgeführt. Dieses liest dann die Daten vom Puffer der Analog-Digitalwandlerkarte in einem Durchgang aus und fügt sie auch sofort in ein Array of Reals ein (orange Farbe). Währenddessen läuft der Datenerfassungsprozess weiter und füllt den Puffer wieder. Nach der eingestellten Scandauer wird das Flag „Datenerfassung fertig“ gesetzt, was zum Abbruch der inneren Programmschleife führt. Danach wird die Analog-Digitalwandlung gestoppt (*AI Clear*) und die Synchronisation durch *Occurence* wieder gelöscht. Im Anschluss daran werden nur mehr der zeitliche Mittelwert über die Samples der Gurtkraft gebildet sowie etwaige Fehler ausgegeben. Das Ermitteln des Korrekturwertes für die Gurtkraft aus dem Kraftmittelwert ist im Experimentalstadium und in der von TRW verwendeten Softwareversion deaktiviert. Die Möglichkeit bestünde darin, zu geringe Gurtkräfte beim Straffen durch „Tuning“ in Ordnung zu bringen. Zu diesem Zweck müssten nur wenige Bytes im EEPROM des Gurtstraffers verändert werden. Allerdings zeigten sich große Streuungen bei der Kraftmessung als problematisch und eine einfache Korrektur würde zu ungenau ablaufen.

6.3 Grafische Darstellung der Messwerte

Die gemessenen Strom- und Kraftfunktionen über der Zeit sind wie auch in Abbildung 32 ersichtlich in einem zweispaltigen Array gespeichert. Das kleine rechteckige Symbol „Kurvengraph [SGL]“ repräsentiert das oszilloskopähnliche Display am Frontpanel des Virtuellen Instruments (Abbildung 33). Das Eingangsarray muss zur korrekten Darstellung transponiert werden, was in diesem Fall als Option des Kurvengraphmoduls möglich ist. Die Achsenbeschriftungen lassen sich leicht anpassen, besonders interessante Bereiche des Displays lassen sich horizontal, vertikal oder im Rechteck zoomen und mit einer virtuellen Hand verschieben. Die Kurvengraphen sind zur besseren Unterscheidbarkeit zweifarbig eingestellt und werden während der Messung live mitgezeichnet, da das VI (virtual instrument) für die Grafikausgabe direkt an das Array angebunden ist.

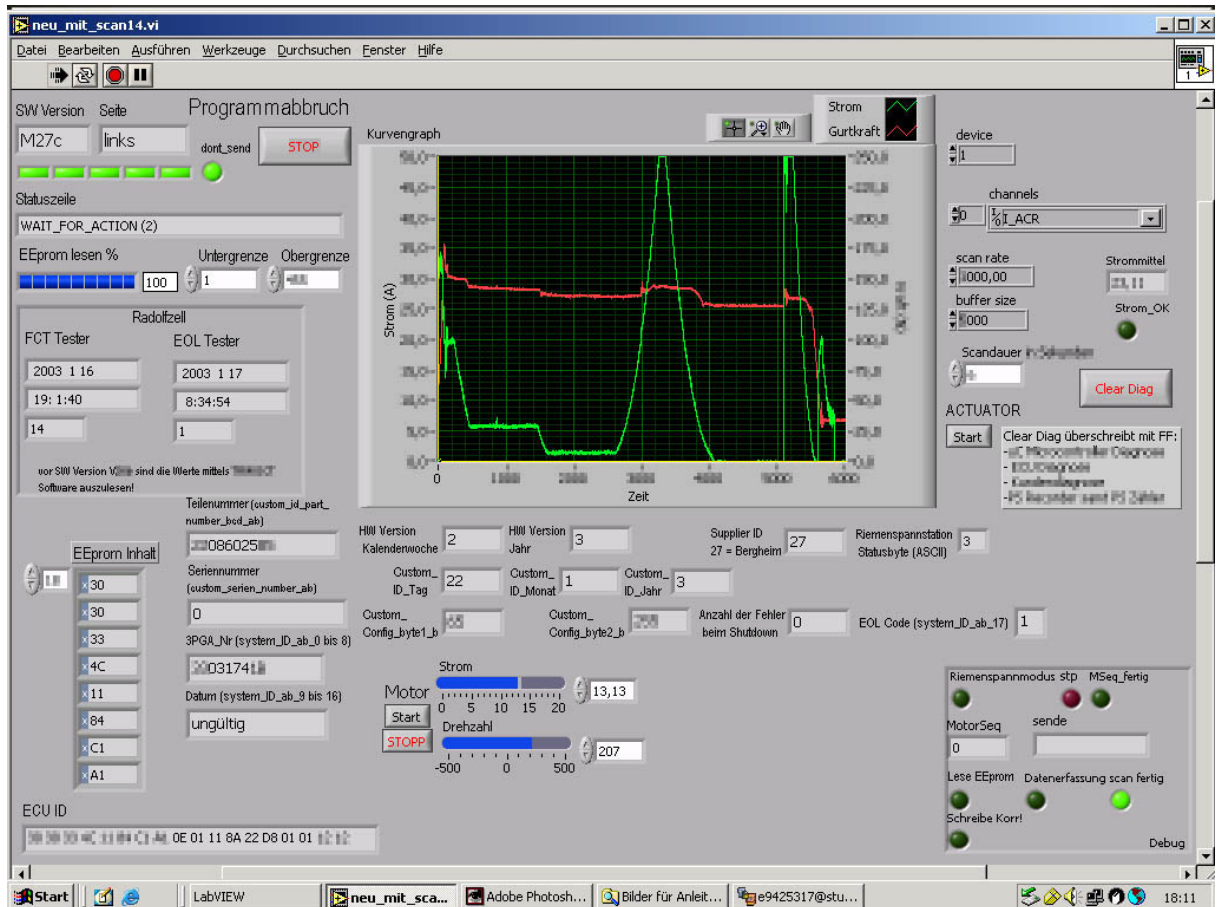


Abbildung 33, Frontpanel

6.4 Subroutinen



... Symbol im Diagramm für „mittelwert.vi“

Zwischen Startindex und Stopindex wird das Array, das auch zur graphischen Auswertung in 6.2.4 verwendet wird ausgelesen und in der FOR-Schleife summiert. Vor der Ausgabe wird der Mittelwert durch einfache Division durch die Anzahl der berücksichtigten Samples gebildet. Der dreieckige Selektor links der Bildmitte korrigiert auch die Benutzereingabe eines Startindex der fälschlicherweise nach dem Stopindex liegt.

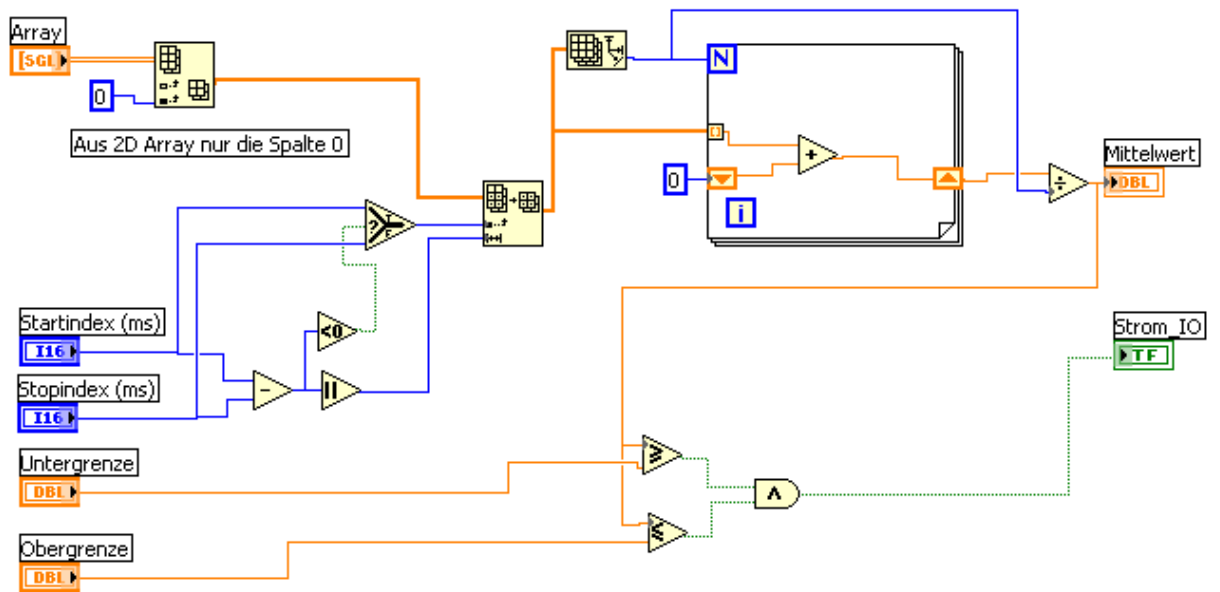


Abbildung 34, Mittelwert über Fensterbereich



... Symbol im Diagramm für „BCD_max_5_dezimal.vi“

Einfache Subroutine (Abbildung 35), die die Bytes aus dem EEPROM in ein für LabVIEW darstellbares Format bringt. Die Wertigkeit der Bytes sinkt mit steigendem Index, daher ist eine Korrektur für nicht benötigte Stellen notwendig. Um beispielsweise 365 von BCD nach Integer zu wandeln, wird die drei mit 10^9 , die sechs mit 10^8 und die fünf mit 10^7 multipliziert. Anschließend werden alle Stellen addiert und durch die errechneten 10^6 dividiert. Der Dividend 10^6 ergibt sich durch **zwei** benötigte Bytes: $d = 10^{2(5-2)}$. Alle BCD Stellen werden auf Plausibilität überprüft. Diese Subroutine verfügt des Weiteren über eine Fehlererkennung, falls mehr als 5 oder ungültige Stellen dekodiert werden sollten. Der Korrekturmechanismus für Berechnungen mit weniger als 5 Stellen ist erforderlich, da die Bytes im Array mit dem höchsten Index die geringste Wertigkeit haben. Mittels einer Division durch 10 hoch der Anzahl der von fünf abgehenden Bytes lässt sich dies realisieren.

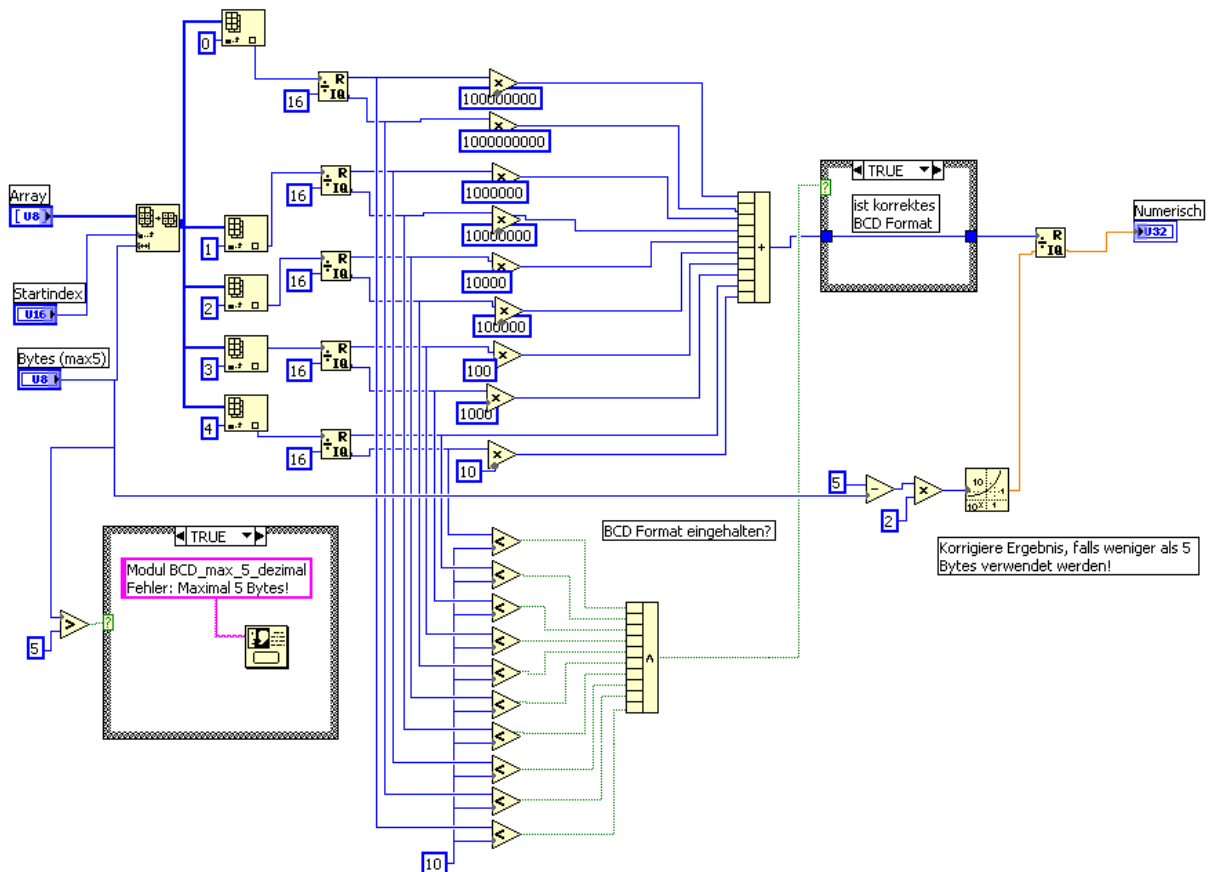


Abbildung 35, Umwandlung BCD nach Integer



... Symbol im Diagramm für „ECU_ID_Dekoder_2.vi“

Im Laufe der Weiterentwicklung des ACR wurden die Speicherstellen im EEPROM knapp. Aus diesem Grund wurden einige Datumswerte nicht länger im ASCII Code gespeichert, sondern nach der Codierliste „ecu_id_002q_fuer_zeichnung.doc“ aus Tabelle 2 (siehe Anhang F) effizienter gespeichert. Um die Daten für Menschen wieder leserlich zu machen, ist die beschriebene Subroutine erforderlich. Zuerst wird in Abbildung 36 das Array mit dem EEPROM Inhalt indiziert. Im nächsten Schritt wird das Byte (Zahl) in ein boolesches Array umgewandelt, dieses dann in einen eindimensionalen Cluster umgesetzt und dieser wird dann in einzelne Bits aufgeschlüsselt. An dieser Stelle können die Bits umsortiert werden und dann mit den jeweils komplementären Befehlen wieder in Bytes zurückgewandelt werden. Diese Bytes werden nach Tabelle 2 in Anhang F in Strings konvertiert, die sich bequem in leserliche Einheiten zusammensetzen lassen.

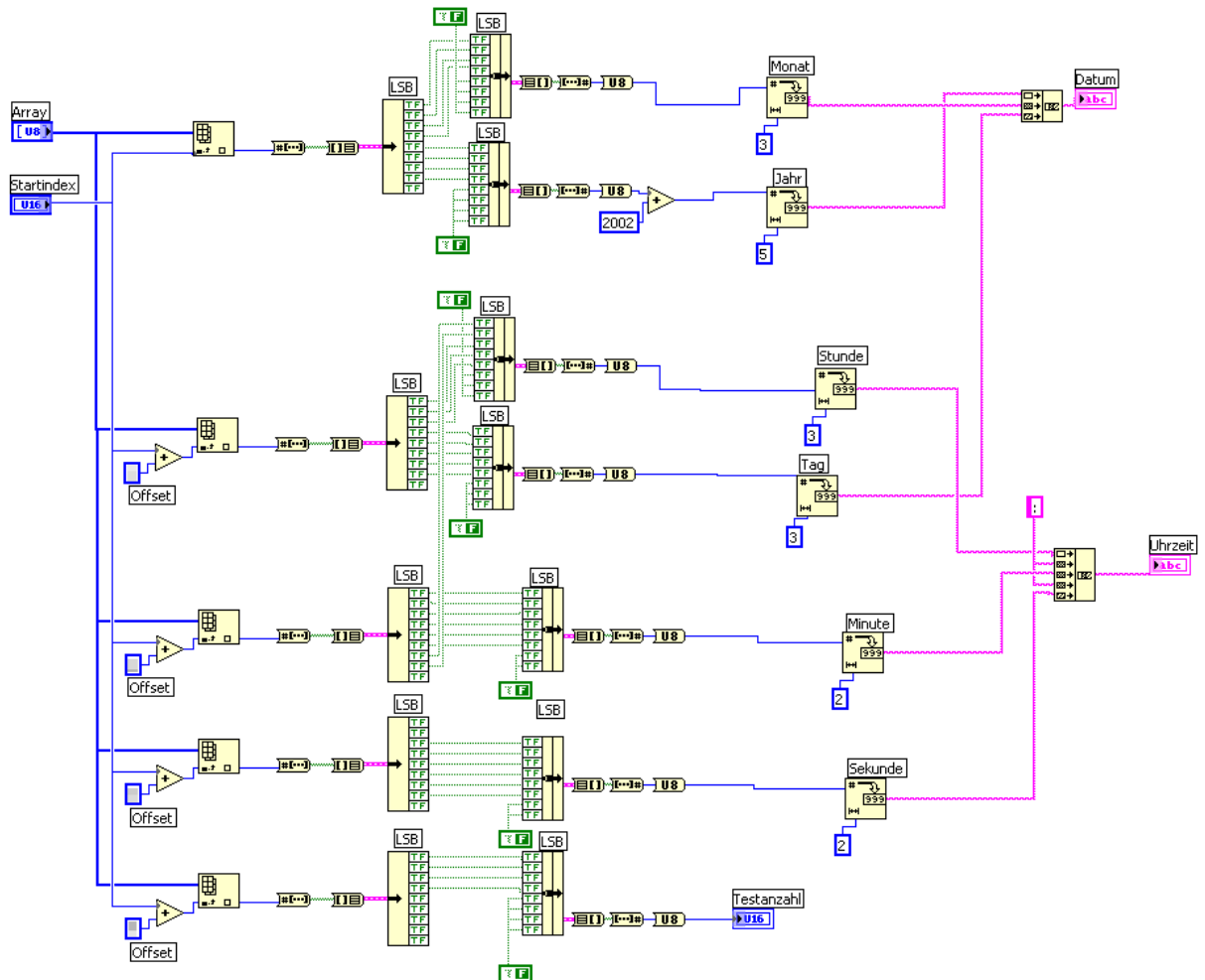


Abbildung 36, ECU_ID Decoder

7 Festlegung der Messtoleranzen des Prüfgerätes

7.1 Gurtkraft

In Abstimmung mit den Kunden des Auftraggebers dieser Arbeit wurden die Toleranzgrenzwerte für die Endprüfung des ACR festgelegt. Die Kräfte am Gurtband sind zeitabhängig. Es wird daher ein Kraft-Zeitprofil innerhalb definierter Grenzen gefordert. Die Kraft F1 ist nach einigen 100ms und die Kraft F2 nach etwa 1s messbar.

F1: 180N Toleranz +7N, -20N

F2: 155N Toleranz +7N, -20N

Ausgehend von diesen Zielwerten kann die Genauigkeitsanforderung für die Gurtkraftmessung bestimmt werden. Unter Verwendung des Gurtkraftmessers Messring DK11 mit 500N Maximallast und einer Nichtlinearität von 1,5% der Nennlast (200N) ist

mit einer Abweichung von höchstens 3N zu rechnen. Die nutzbare Auflösung von 11 Bit im Analog-Digitalwandler verursacht eine Ungenauigkeit von etwa 0,05%, die jedoch vernachlässigbar ist. 1 Bit entspricht hier etwa 0,1N.

7.2 Stromaufnahme

Die Stromaufnahme des ACR ist von den eingestellten Parametern im EEPROM abhängig und überschreitet in der Regel nicht Werte von 50A. Die allgemeine Problematik der Stromversorgung wird in Kapitel 5.1.2 behandelt. Die Skalierung der Anzeige wurde somit auf 50A festgelegt, was auch einen Vorteil für die Realisierung der graphischen Anzeige bringt, da die maximal anzeigbare Kraft ein ganzzahliges Vielfaches von 50, nämlich 250N ist. Somit kann ein Gitternetz für beide Skalen verwendet werden.

Der für die Strommessung eingesetzte Shunt hat eine Genauigkeit von 1%, die nachfolgende Tiefpassstufe (siehe dazu auch Abbildung 12 auf Seite 29) zur Filterung hochfrequenter Störanteile hat aufgrund der Schaltungsart nur einen sehr geringen Fehler der Spannungsverstärkung. Betrachtet man den Filter unter Gleichstrombedingungen, so kann man zwei in Kette geschaltete Elektrometerverstärker mit Verstärkung 1 erkennen. Die in der Größenordnung von 1mV liegenden Offsetspannungen an den Eingängen der OPVs verursachen hier keine nennenswerten Probleme. Mit den Ungenauigkeiten des Analog-Digitalwandlers ergeben sich Toleranzen von etwa 3% bezogen auf den Nennstrom von 50A. Zur Kalibration darf ein maximaler Strom von 10A kurzzeitig benutzt werden, da sonst die Gefahr der thermischen Zerstörung des 10mΩ-Shunts besteht. Mit $P=I^2R = 1W$ darf der Shunt ebenfalls nur sekundenweise beaufschlagt werden, um Schäden oder Messfehler durch Erwärmung zu verhindern.

7.3 Messungen am mobilen Prüfstand

Unter Verwendung des lineargeregelten Netzteiles Delta Elektronik SM30-100D und etwa 2m langer Versorgungskabel mit 4mm² Kupferquerschnitt zum ACR kommt es zu Spannungsverlusten von etwa 1,5V. Durch die elektronische Stromregelung im Motor wirkt sich dies aber nicht auf die Leistungswerte des Gurtstraffers aus.

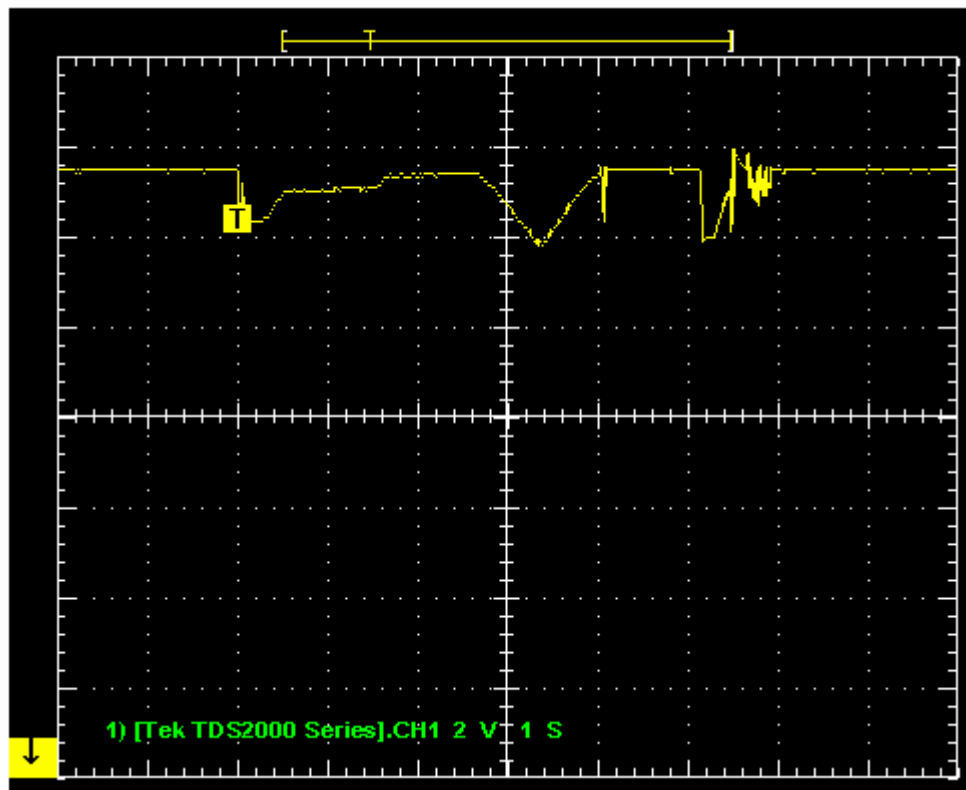


Abbildung 37, Spannungseinbrüche

Verlauf der Spannung am Stecker zum ACR mit ChipID V24c, 10 Sekunden Messdauer, 13,5V Leerlaufspannung.

Die Einbrüche der Spannung aus Abbildung 37 werden durch die Zuleitungskabel und den Steckverbinder am Prüftisch verursacht.

Im Vergleich dazu ist in Abbildung 38 die Spannung direkt am Netzteil Delta Elektronika SM30-100 D dargestellt. Wie man leicht erkennen kann, ist das Netzteil an den Spannungseinbrüchen nicht beteiligt.

In Abbildung 39 ist die Stromaufnahme des ACRs über der Zeit zu sehen. 500mV/DIV entsprechen 10A/DIV.

Gemessen wurde diese mittels I-Monitor Ausgang am Netzgerät SM 30-100 D. Im Vergleich dazu betrachte man die Abbildung 43 des in LabVIEW realisierten Prüfgerätes.

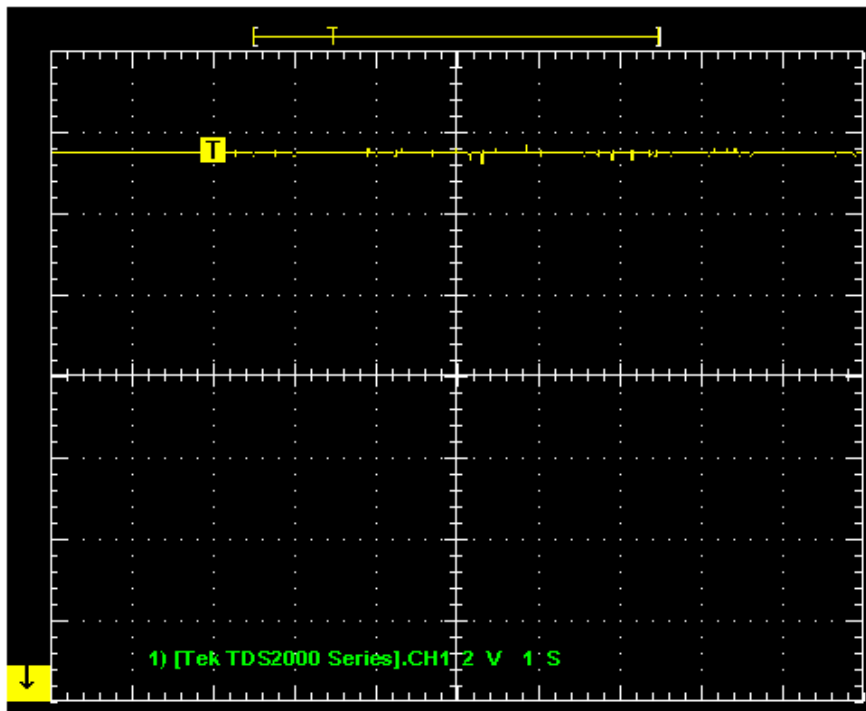


Abbildung 38, Spannung direkt am Netzteil

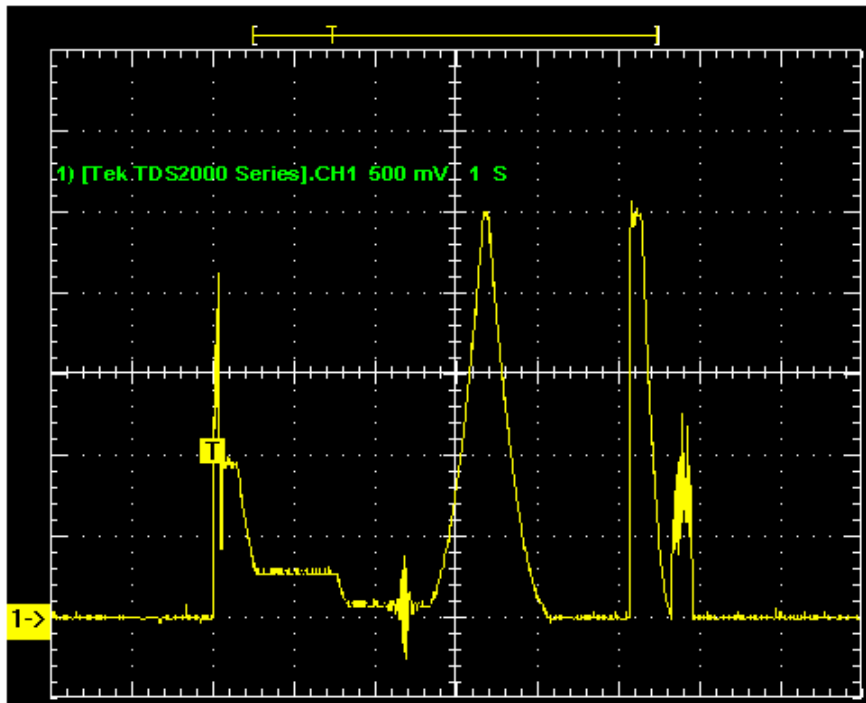


Abbildung 39, Stromaufnahme des ACR

7.4 Festlegung der Versorgungsspannungsgrenzen

Die Toleranzen bezüglich der Betriebsspannung wurden mit **13,5V +/- 1,5V** festgelegt. Die Spannung von 13,5V wird von TRW verlangt und ist im KFZ während der Fahrt realistisch, da die Batterie mit bis zu 14,4V Klemmenspannung an der Lichtmaschine geladen wird und Spannungsverluste an den Zuleitungskabeln auftreten. Praktische Messungen an den Batteripolen eines sich in Betrieb befindlichen Fahrzeugs zeigten Werte bis zu 13,8V, was die Festlegung auf 13,5V bekräftigte. Wie in Abbildung 37 erkennbar, bricht die Spannung an den Klemmen des Gurtstraffers auf 12V ein, was für die Funktionalität desselben wegen seiner internen Stromregelung nicht relevant ist. Bei Klemmenspannungen am ACR unterhalb von 9,5V (voreingestellter Parameter im EEPROM) schaltet der Gurtstraffer seinen Aktuator ab, um durch seinen Stromverbrauch die Funktion anderer wichtiger Komponenten im Fahrzeug nicht zu gefährden. Der verbleibende Spannungsunterschied von 2,5V erwies sich als ausreichend und ließ sich auch im Akkubetrieb in Kombination mit einem externen langsam nachregelnden Schaltnetzteil problemlos einhalten. Auch bei reinem Akkubetrieb reicht die verfügbare Spannung bei vollgeladenem Akku für einige Straffzyklen. Ein weiterer Vorteil der 13,5V Versorgung liegt in der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit dem End-of-Lineprüfstand, der die Prüflinge ebenfalls mit dieser Spannung versorgt.

7.5 Zeitliche Grenzen beim Straffen

Der Straffzyklus des ACR besteht aus mehreren Phasen:

1. Straffen mit Kraftniveau 1
2. Reduktion auf Kraftniveau 2
3. Reduktion auf Kraftniveau 3
4. Entriegeln
5. Bei Bedarf Wiederholung der Entriegelung

Der minimale Zeitaufwand beim Befehl „Start Actuator“ entsteht, wenn das Entriegeln des eingesteuerten Gurtes nach dem Straffen sofort klappt. Gelegentlich blockiert der Mechanismus weiterhin und gibt das Gurtband nicht frei. In dieser Situation versucht die Software des ACR einen zweiten Anlauf, um den Gurt doch noch freizugeben. Dieser zusätzliche Zeitaufwand muss in der Prüfsoftware vorgesehen sein.

Die Dauer t_s des Straffzyklus bewegt sich in folgenden Grenzen: $T \leq t_s \leq 2T$

7.6 Messungen am ACR

7.6.1 Momentmessung am festgebremsten Motor

Stark schwankende Gurtkräfte an ein und demselben Exemplar bei wiederholten Tests führten zu der Annahme, dass die Motoren keine wiederholgenauen Leistungswerte erbrachten. Der Rotor des Motors wurde eingespannt, zur Messung des Momentes mit einer Federwaage wurde ein Hebelmechanismus konstruiert, der das Moment in eine Kraft umsetzt. Der Normalabstand (Hebelarm) der Motorachse zur Federwaage ist 86mm. Die abgelesenen Kräfte könnten daher mit der Formel $M = Fr$ in ein Drehmoment umgerechnet werden. Die Kräfte treten in einer zeitlichen Folge auf; die Wiederholgenauigkeit eines einzelnen Stückes wurde mit drei Messungen kontrolliert. Siehe die Spalten der Tabelle 1.

Ein mit der Rotorglocke festgespannter Motor wurde mit einer Federwaage festgebremst. Ein Straffzyklus wurde mittels der LabVIEW Software ausgelöst, die Zeigerbewegungen mit einer digitalen Videokamera aufgezeichnet und anschließend händisch ausgewertet.

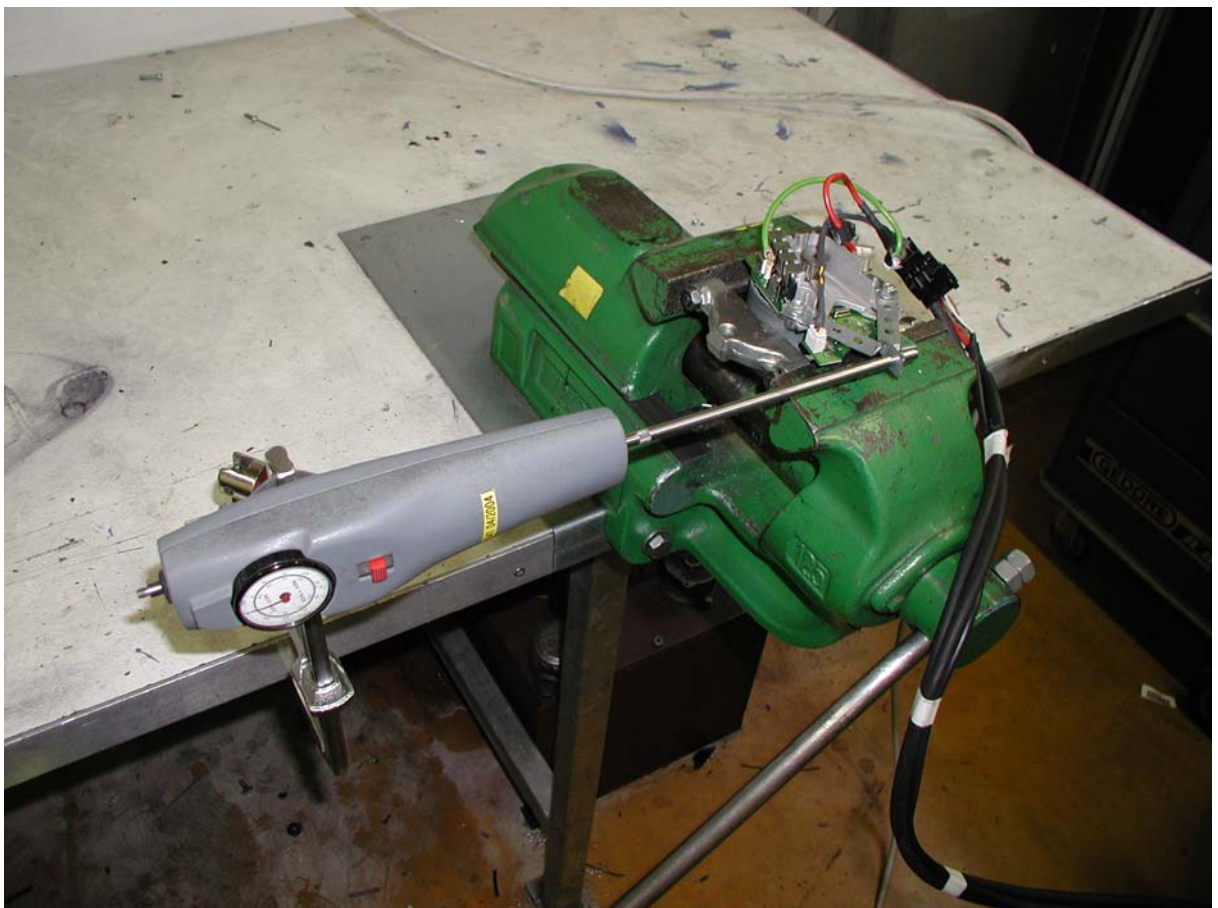


Abbildung 40, Motormoment

Wie in Tabelle 1 sichtbar, ist der Motor bezüglich der Anzugsdrehmomente sehr exakt. In allen drei Messungen waren die Anzugsmomente exakt gleich groß. Geringe Unterschiede waren nur beim Entriegelungsvorgang zu erkennen.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Kraft 1	13N	13N	13N
Kraft 2	8N	8N	8N
Kraft 3	3N	3N	3N
1. Aussteuerversuch	17N	17N	17N
2. Aussteuerversuch	≈18N	≈17N	≈20N
2. Aussteuerversuch, Gegenrichtung	≈-8N	≈-8N	≈-8N

Tabelle 1, Kraftwerte

7.6.2 Leerlauf des ACR-Motors

Der ACR ist mit einem bürstenlosen Gleichstrommotor versehen, dessen Stator sechs Polpaare hat, die mittels Kupferwicklungen magnetisch durchflutet werden. Um den Stator läuft eine permanenterregte Glocke, deren momentane Position durch fix angebrachte Hallsensoren auf der Leiterplatte erkannt wird. Bauartbedingt weist dieser kurze Motor mit großem Rotordurchmesser ein relativ hohes Drehmoment auf, das durch eine Zahnriemenuntersetzung noch weiter erhöht wird und den Aufroller über eine mechanische Kupplung antreibt.

Das dynamische Verhalten des leer laufenden Motors wurde hier untersucht. Durch Impulsfrequenzmessung über der Zeit mittels eines Oszilloskops konnte die Grafik unten erstellt werden. Der sehr gleichmäßige Hochlauf lässt auch auf keine Probleme mit dem Antrieb schließen. Vorhandene Ungenauigkeiten mussten daher im Antrieb und nicht im Motor gesucht werden.

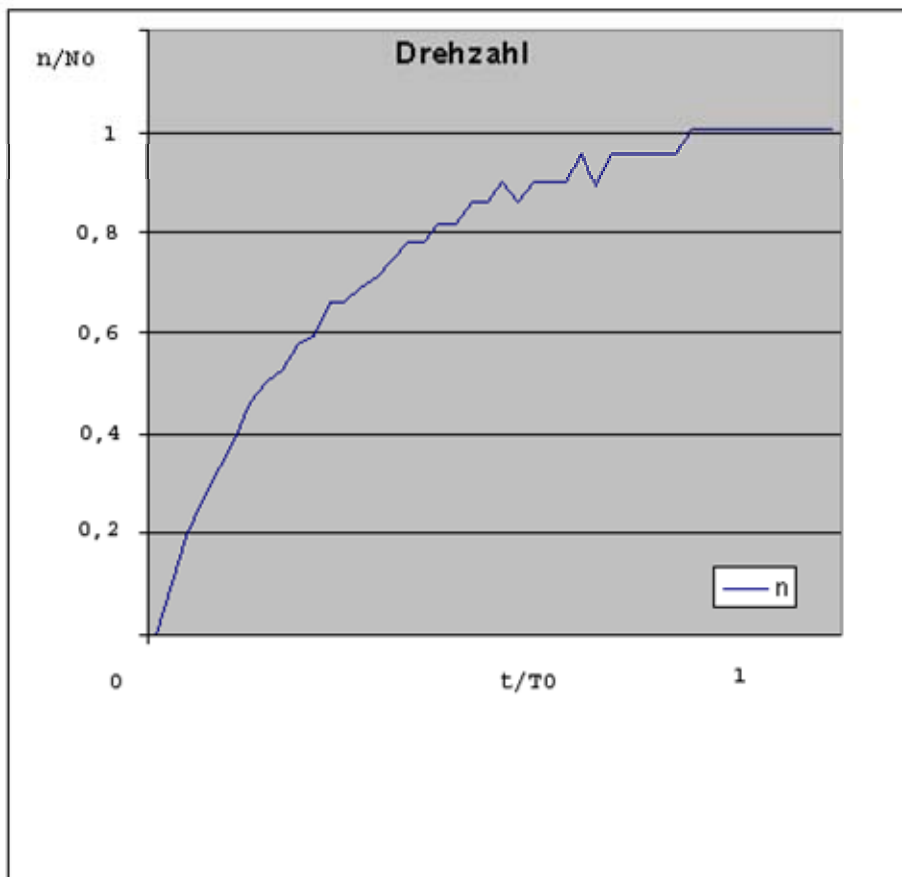


Abbildung 41, Motorhochlauf ohne Last

7.7 Vergleich mit EOL-Prüfstand

An dieser Stelle wird der mobile Prüfstand, der in dieser Arbeit behandelt wird, mit dem Prüfstand verglichen, der am Ende der Produktionslinie steht. Obwohl beide Geräte mit komplett verschiedener Mechanik versehen sind, sind die Ergebnisse durchaus vergleichbar. Die Aussagen, die in den gemessenen Kurven stecken, sind jedoch nur für Geübte auf den ersten Blick zu entnehmen. Eine Eigenschaft, die gerne übersehen wird ist zum Beispiel der zweite Entriegelungsimpuls. Dieser tritt überhaupt nur dann auf, wenn das Aggregat beim ersten Entriegelversuch gescheitert ist. Wie fest der Aufroller eingesteuert ist, hängt von mechanischen Gegebenheiten ab, die nicht vorhersehbar sind. Ein Vergleich, wie stark die Entriegelungsimpulse sind und ob es jeweils einer oder zwei sind, ist dabei nicht sehr aussagekräftig. Relevant sind die ersten beiden Kraftniveaus, die der Gurtstraffer produziert, ob er entriegeln kann und ob die Stromwerte nach dem Vorgang wieder auf kleiner 100mA zurückgehen. In der Abbildung 42 sieht man in roter Farbe den Stromverlauf dargestellt. Das erste Stromniveau ist kaum zu erkennen und liegt bei etwa beim Nennstromniveau. Niveau 2 liegt bei zwei Drittel davon und das dritte bei wenigen Ampere. Nach wenigen Sekunden beginnt dann der erste Entriegelimpuls, gefolgt von einem zweiten mit jeweils einigen 10A.

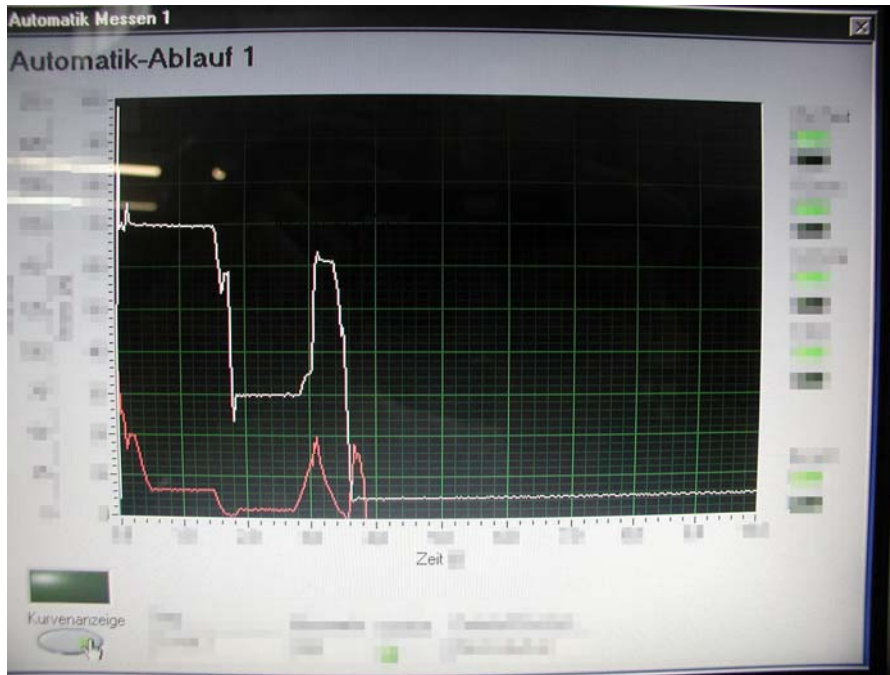


Abbildung 42, End-of-Line Prüfung

Dieser Gurtstraffer produziert 175N Kraft und steuert dort ein. Die Kraft am Gurtband bleibt eine definierte Zeit lang bestehen, bis das Aggregat das Niveau 3 bei Sekunde x verlässt. Der Gurt beginnt sich abzuwickeln, bis der Aufroller kurz danach einsteuert. Danach wird der Entriegelungsvorgang gestartet, welcher auch gleich erfolgreich ist. Der zweite sichtbare Stromimpuls bremst den Motor wieder abrupt ab, es kommt zu keinem zweiten Entriegelungsversuch. Letztendlich stellt sich ein geringes Kraftniveau ein, das durch die Feder im Aufroller verursacht wird und der gewöhnlichen Rückholkraft des Gurtes entspricht. In der Abbildung 43 ist der Kraftverlauf auf dem Prüfstand dieser Arbeit zu sehen. Das Kraftniveau 1 beim Straffen erreicht auch hier 175N (mittig im Toleranzfenster), im zweiten Niveau bei etwa 200ms 150N (ebenfalls innerhalb des Toleranzfeldes) und ebenso im dritten Kraftniveau. Das Entriegeln gelingt hier beim zweiten Anlauf. Die beiden Diagramme unterscheiden sich durch das fälschliche Einsteuern des Aufrollers am EOL-Prüfstand und durch den zweiten Entriegelungszyklus, der jedoch unproblematisch ist. Die Vergleichbarkeit der Daten ist also gegeben, auch wenn aufgrund der unterschiedlichen Realisierungen der Prüfstände und Wiederholungsgenauigkeiten der Prüflinge Unterschiede festzustellen sind.

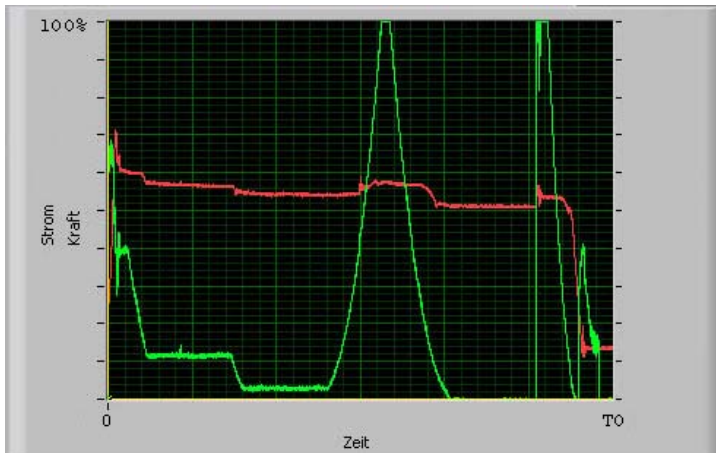


Abbildung 43, Screenshot Mobiler Prüfstand

8 Schlusswort

Nach einigen Korrekturen der Software arbeitet der Prüfstand jetzt mittlerweile stabil und wird von der Fa. TRW zur Prüfung von schlechten Teilen und zur Fehlersuche erfolgreich eingesetzt. Trotz einiger Änderungen in den gestellten Anforderungen an das Gerät blieb die Entwicklung in geregelten Bahnen; von einem einzigen größeren Redesign abgesehen. Dies betrifft das Auslösen des Straffers durch Simulation der Steuergeräte des Kraftfahrzeuges. Dieser Weg musste verworfen werden, da dieser zu wenig Reproduzierbarkeit bei den Messungen lieferte und vorbereitende Eingriffe in die Steuerungsparameter des Gurtstraffers erforderte. Die dann gewählte Variante, die mittels des genormten Keyword Protocol 2000 und TRW Frames arbeitet, bietet mehr Flexibilität und deutlich mehr Möglichkeiten der Manipulation am ACR. Die Brauchbarkeit des Geräts ist durch die flexible Einsetzbarkeit und die relativ hohe Messgenauigkeit gegeben. Die zusätzliche CAN-Schnittstelle für ein weiteres Diagnosetool erweitert die Möglichkeiten. Eine mehr oder weniger regelmäßige Wartung des Prüfgeräts und insbesondere des LabVIEW Programms wird in jedem Fall notwendig sein, da leicht abgeänderte Modelle des Gurtstraffers in Produktion gehen und Änderungen u. a. in der CAN-Kommunikation erforderlich machen. Ebenso wird die begrenzte Lebensdauer von NiMH-Akkumulatoren zu berücksichtigen sein. Letztendlich war diese Diplomarbeit ein sehr umfassendes und vielfältiges Projekt, das dem Autor zu einer Vielzahl neuer Erfahrungen verholfen hat.

A. User Guide

I. Einzelteile

Zum kompletten Prüfaufbau zählen

- Koffer mit Elektronikbox
- Aufnahmeschiene aus Alu mit Umlenkrolle für den Gurt
- Handpumpe, Manometer und Druckablassschraube
- 12V NiMH Akku
- Netzteil mit 13,5V Ausgangsspannung und Verbindungskabel zum Koffer
- Notebook mit mindestens Pentium2 CPU und zwei freien PCMCIA Slots
- DAC Card 6024E von National Instruments
- PCMCIA-CAN von National Instruments mit Kabelset
- Messring Gurtkraftaufnehmer
- Werkzeug, und Ersatzsicherungen

II. Inbetriebnahme des Prüfplatzes

Zuerst werden das Notebook, die gefräste Aufnahmeschiene und die Kabel aus dem Koffer genommen. Am Kofferboden neben den Scharnieren sind Bohrungen für die Befestigung der Aufnahmeschiene vorgesehen. Die Aluschiene hat zwei Gewindestifte, die durch die Bohrungen gesteckt und mit einfachen Flügelmuttern gesichert werden. Als nächstes werden die elektrischen Verbindungen vorbereitet.

III. Elektrische Verbindungen

Anschließen des schwarzen Flachkabels an die DACCARD-6024E, welche bereits im Notebook steckt.

Anschließen des CAN-Kabels notebookseitig an das PCMCIA CAN Interface. Der 9-polige SUB-D Stecker mit dem 120Ω Abschlusswiderstand wird an der Elektronikbox im Koffer angeschlossen.



Abbildung 44, Anschluss des CAN Interfaces

Optional kann zusätzlich ein PCAN-Dongle (silberner Stecker in Abbildung) angeschlossen werden, um mit dem Tool „TRW ECT“ arbeiten zu können. Falls Gurtkraft-Zeitdiagramme aufgenommen werden sollen, ist der bronzefarbene Rundstecker des Gurtkraftaufnehmers ebenfalls an die Elektronikbox anzustecken.

Zuletzt wird die externe Stromversorgung an den Koffer angeschlossen:



Abbildung 45, Stromversorgung

IV. Prüfung der Gurtstraffer

Der Gurtstraffer sollte für den Leistungstest in Auslieferungszustand vorliegen. Falls das nicht möglich ist, kann das Aggregat auch nur mit einem simplen Gurtband ohne Beschläge

versehen werden und ist damit prüfbar. Bevor ein Gurtstraffer zur Prüfung aufgespannt wird, sind generell ein paar Grundregeln einzuhalten:

Ist anzunehmen, dass der Straffer einen Kurzschluss verursacht, sollte dies vorher abgeklärt werden, um Beschädigungen des Prüfstandes zu verhindern. (Ersatzsicherungen sind im Koffierzubehör enthalten) Ein Gurtstraffer, der einen offensichtlichen mechanischen Schaden aufweist, darf nicht einer Leistungsprüfung zugeführt werden. Siehe auch Kapitel IV, Vorsichtsmaßnahmen.

Zur Prüfung von Gurtstraffern

Zuerst muss der Prüfstand als solcher aufgebaut sein. Als erstes wird dann das Aggregat mittels der beigelegten M12 Schraube im Prüfstand so befestigt, dass die Rückplatte des Gurtstraffers wie in der Abbildung unten ersichtlich, in der Einfräsung der Aufnahmeschiene Platz findet.



Abbildung 46, Montage des ACR

Das Gurtband wird soweit ausgezogen, dass nur mehr 3 Windungen des Gurtbandes auf dem Wickelkern verbleiben. Alternativ können andere Vorschriften definiert werden, solange sichergestellt ist, dass das Gurtband beim Straffen dann nicht beschädigt wird. Das herausgezogene Gurtband wird oben über die Kunststoffumlenkrolle geführt und an der Hinterseite der Aufnahmeschiene mit den Gummibacken mittels der beiden Kunststoffschrauben geklemmt.



Abbildung 47, Umlenkrolle, Klemme, Kraftsensor

Jetzt wird der Gurtkraftsensor knapp oberhalb der Gurtklemmstelle an der Rückseite der Aufnahmeschiene eingesetzt, sodass er beim Straffen nicht beschädigt werden kann. Abbildung 47 zeigt die Montage. Keinesfalls sollte man den Sensor auf der Vorderseite anbringen, da das Gurtband dort beim Straffen eine hohe Relativgeschwindigkeit zur Umgebung hat und den Gurtkraftsensor nach unten schleudern und diesen gegebenenfalls an den Straffer anschlagen und beschädigen würde.

1. Der Prüfplatz wird darauf überprüft, dass die Klemme 15 und Klemme 30 ausgeschaltet sind.
2. Der ACR wird jetzt elektrisch mit dem Prüfplatz verbunden, indem der 6-polige schwarze Stecker angeschlossen wird.
3. Als nächstes wird Klemme 30 eingeschaltet, was einem Einschalten des Prüfplatzes mittels Kippschalter an der Abschrägung des Bedienfeldes gleichkommt.
4. Sobald Klemme 30 eingeschaltet ist, darf Kl. 15 dazugeschaltet werden. Damit ist der ACR bereit für den Kommunikationsaufbau mittels der LabVIEW-Software.
5. Nachdem die Diagnosesitzung in LabVIEW aufgebaut ist, sollte der Pneumatikzylinder auf 2 bar (Abbildung 48) aufgepumpt werden, um die Körperrückbildung realistisch zu gestalten. Die Höhe des Drucks darf variiert werden, sofern die Druckwerte bei der Messung mitprotokolliert werden.
6. Jetzt ist es möglich, den Button „Start Actuator“ zu betätigen. Beachten Sie die Vorsichtsmaßnahmen unter Abschnitt V! Der Straffzyklus wird ausgelöst und vermessen. Nach den gewünschten Messungen und Tests wird im LabVIEW

Programm die Taste „Stop“ betätigt, um die Kommunikation ordnungsgemäß abzubauen.

7. Klemme 15 wird abgeschaltet
8. Klemme 30 wird abgeschaltet, was dem Abstecken des Straffers gleichkommt. Diese Reihenfolge des Abschaltens (Kl.15 – Kl.30) ist unbedingt einzuhalten, damit der Mikrocontroller im Gurtstraffer auch Zeit hat, in den Ruhezustand überzugehen.



Abbildung 48, Druckanzeige Gurtlose

Der Abbau des Straffers kann jetzt im eigenen Ermessen, zweckmäßigerweise in umgekehrter Reihenfolge des Aufbaues erfolgen.

V. Vorsichtsmaßnahmen

Verletzungsgefahr durch das aufrollende Gurtband während des gesamten Straffzyklus. (Dauer etwa 5s, in Ausnahmefällen auch deutlich länger!)

- Achten Sie darauf, dass sich keine Körperteile, Kleidungsstücke, Kabel oder sonstige Gegenstände im Einflussbereich des Gurtstraffers befinden! Finger weg beim Straffen!
- Achten Sie auch auf andere Personen am Arbeitsplatz!
- Beim Laden des Akkus besteht die Gefahr der Überladung und Überhitzung. Das Laden des Akkus im Koffer wird in dieser Arbeit nicht behandelt. Der Akku puffert zwar nur die Stromversorgung, benötigt aber dennoch Pflege und sollte nach Bedarf mit einem NiMH-Ladegerät nachgeladen werden.
- Das Netzteil muss auf eine Spannung von 13,5V +/- 0,1V eingestellt sein.
- Eine andauernde Stromaufnahme des in Ruhe befindlichen Prüfstandes über 0,1A deutet auf einen Fehler hin! Entweder ist der Akku entladen oder eine defekte Akkuzelle könnte zu einem permanenten unerwünschten Ladestrom führen. Der Prüfstand ist außer Betrieb zu nehmen und entsprechend zu warten!
- Lassen Sie den Prüfstand nie allein mit eingeschaltetem Netzteil und/oder Klemme 30 stehen. Vor dem Verlassen des Arbeitsplatzes ist der Straffer immer durch Abstecken vom Prüfstand zu trennen!

B. Pre-Safe: Presse

Aus verschiedenen Zeitschriften entnommene Abbildungen und Artikel wurden hier zusammengestellt.

I. Tierische Reflexe aus [Foc02]:

In der S-Klasse verknüpft Mercedes-Benz erstmals passive und aktive Sicherheitstechnik.

Die neueste Innovationswelle rollt im September aus Stuttgart heran. Ihrem gerade überarbeiteten Top-Modell pflanzten die Mercedes-Ingenieure erstmals eine Art Reflex ein. Dieser richtet künftig die Passagiere vor dem Unfall optimal zu den passiven Sicherheitssystemen des Wagens aus.

Jeder kennt es von der Urlaubsreise: Wer nicht am Lenkrad sitzt, lässt gern mal zum Nickerchen die Rückenlehne herunter und genießt den Alpenblick durchs offene Schiebedach.

"Sollte nicht sein", sagen die Sicherheitsexperten, "weil die Position des Passagiers zu Airbags und Gurt nicht optimal ist." Ein Unfall kann fatale Folgen haben: Bei einem Frontalaufprall rutscht die Person unter dem Sicherheitsgurt durch, bei einer Heckkollision drohen durch die flache Rückenlehne schwere Halswirbelerkrankungen, oder bei einem Seitencrash entwickeln die weiter oben wirkungsvolleren Windowbags nicht ihr volles Potenzial. "Sollte nicht sein", konstatiert auch Mercedes-Sicherheitsexperte Karl-Heinz Baumann, "entspricht aber dem tatsächlichen Verhalten unserer Kunden. Hier sahen wir Handlungsbedarf."

Mit dem Sicherheitssystem Pre-Safe schnürten die Mercedes-Techniker deshalb ein Maßnahmenpaket, das Unfälle bereits im Vorfeld erkennt - und die verbleibende Zeit nutzt, die Insassen auf den Crash vorzubereiten. Es reagiert nach dem Vorbild der Natur, ähnlich einer Schnecke, die Fühler und Körper bei drohender Gefahr reflexartig ins Schneckenhaus zieht.

Die Daten von ESP (elektronisches Stabilitätsprogramm), BAS (Bremsassistent) und ABS (Anti-Blockier-System) melden künftig dem Zentralcomputer der S-Klasse jedes gefährliche Fahrmanöver - beispielsweise ein Schleudern, eine Vollbremsung oder einen drohenden Überschlag. Sofort fixieren dann die Gurtstraffer den Passagier im Sitz, während seine Rückenlehne elektromotorisch aufgerichtet, sein Sitzkissen vorn leicht angehoben und seine Sitzanlage in die beste Position zu den Airbags gebracht wird. Gleichzeitig schließen Fenster und Schiebedach automatisch. Fängt der Fahrer den Wagen ab und kann den Unfall vermeiden, entlassen die Gurte den Passagier ohne Umschweife wieder.

Nur der Sitz des Piloten bleibt bei Pre-Safe ausgenommen, um Schreckmomente während des Fahrmanövers zu vermeiden. Zudem gilt als erwiesen, dass sich der Fahrer nur höchst selten "out of position" befindet.

Schon bald soll Pre-Safe auch auf integrierte Kindersitze ausgedehnt und mit mehr Reflexen ausgestattet werden: Aktive Polster schnellen dann aus den Türverkleidungen und schubsen die Passagiere beim Seitencrash ins Innerste des S-Klasse-Schneckenhauses.

Pre-Safe schützt

Das System erkennt Gefahr im Voraus und setzt die Passagiere zurecht.

Der Gurtstraffer fixiert den Insassen fester im Sitz, um den Spielraum für die Vorverlagerung von Oberkörper und Kopf zu verringern

Lehne und Sitzkissen stellen sich gleichzeitig steil. Der Passagier wird optimal zum Airbag ausgerichtet, das Unterm-Gurt-Wegrutschen verhindert

Schiebedach und Seitenfenster schließen automatisch, damit bei einem Überschlag niemandem die Arme ins Freie schleudern.

II. Aufrecht an die Wand aus [Spi02]

Crash-Alarm im Rechner

Vorkehrungen des „Pre-Safe“-Systems bei Unfallgefahr



Abbildung 49, Crash-Alarm im Rechner

AUTOMOBILE

Aufrecht an die Wand



Die Mercedes-S-Klasse ahnt künftig die Unfallgefahr und bringt ihre Insassen für einen schonenden Aufprall in Position. Beginnt eine neue Epoche der Crash-Sicherheit?

In der Hierarchie der Lebewesen vertritt der Mercedes-Konstrukteur zweifellos eine hoch entwickelte Gattung. Dennoch, erklärt Rodolfo Schöneburg, Chef der dortigen Sicherheitsentwicklung, lernt er zuweilen von Haustieren.

Als jüngstes Beispiel führt Schöneburg die Katze an, die sich, vom Baum fallend, schnellstens in Position für die Landung bringt: die Beine nach unten gestreckt, den Buckel hochgewölbt zur Abfederung des Sturzes.

Vergleichbare Reflexe werden nun erstmals auch Automobilen einprogrammiert. Im Rahmen einer Modellpflege erhält die Top-Baureihe des Stuttgarter Herstellers neben feinen optischen Retuschen eine besonders feine Antenne für drohendes Ungemach: Der Wagen ahnt Gefahr.

Bei Vollbremsungen oder Schleuderbewegungen ruft die Bordelektronik den Alarmzustand aus; unverzüglich trifft das Auto Vorkehrungen für einen potenziellen Aufprall:

Die vorderen Sicherheitsgurte straffen sich und ziehen Fahrer und Beifahrer fest an die Rückenlehnen. Beim Crash wird so der Rückhalteraum voll ausgenutzt.

Sollte der Beifahrer im gekippten Sitz schlummern - im Crash-Fall fatal -, so stellt sich die Lehne automatisch auf. Denn die Rückhaltesysteme können nur dann ihre volle Wirkung entfalten, wenn die Insassen beim Prall an die Wand aufrecht sitzen.

Die Sitzflächen werden je nach aktueller Position vorn angehoben oder hinten abgesenkt, um eine Art Keilwirkung zu erzeugen, die das Abtauchen des Insassen unter den Gurt ("Submarining") verhindert.

Droht ein Überschlag, schließt das System automatisch das Schiebedach.

Mit dieser Weltneuheit, von Mercedes "Pre-Safe" genannt, könnte eine neue Epoche der Crash-Sicherheit beginnen. Zwei Welten der Fahrzeugentwicklung finden erstmals zusammen: die aktive Sicherheit, die den Unfall zu verhindern trachtet, und die passive, die greift, wenn es für die Vorbeugung zu spät ist.

Führender Kopf hinter "Pre-Safe" ist Karl-Heinz Baumann, Mercedes-Entwickler seit 1977 und einer der begnadeten Ideenlieferanten unter dem Daimler-Dach. Er zählte etwa zu den Erfindern des 1989 vorgestellten Windschotts für Cabriolets, das inzwischen fast alle Hersteller anbieten: Das Netz, das die Turbulenzen abfängt, ist eine erstaunlich einfache

Lösung mit enormer Wirkung.

Ähnlich verhält es sich mit "Pre-Safe": Alle sensorischen Vorkehrungen am Auto waren bereits vorhanden. Es fehlte nur die Idee.

Bei der Mehrzahl aller schweren Unfälle kommt der Aufprall nicht völlig unvorhersehbar - auch nicht für das Auto. Meist geht dem Crash ein kritischer Fahrzustand voraus, den die Bordelektronik erkennen kann: Vollbremsungen spürt der elektronische Bremsassistent, der beim Pedaltreten mithilft; Schleuderbewegungen erkennt die Sensorik des Stabilitätsprogramms ESP.

Die Steuergeräte dieser Bauteile, ohnehin in allen Mercedes-Pkw serienmäßig, geben in der S-Klasse künftig das Signal für die "Pre-Safe"-Vorkehrungen.

Das Auto gewinnt dadurch wertvolle Zeit. Nach der bisherigen Aufprallerkennung blieben lediglich Millisekunden, gerade genug, um Airbags und Gurtstraffer mit Sprengstoff zu aktivieren.

Die für die Elektronik erkennbare "Pre-Safe"-Phase währt dagegen oft mehrere Sekunden - eine Zeitspanne, die ausreicht, um etwa die Sitzlehne in eine crashgünstige Vertikalposition zu fahren. Auch dafür bedarf es keiner zusätzlichen Aggregate: Die serienmäßigen Elektromotoren für die Sitzverstellung genügen. Einzig die bisherigen Gurtstraffer taugen nicht für den präventiven Einsatz. Sie würden bei jeder Vollbremsung ihren Sprengsatz verbrauchen und müssten danach ausgetauscht werden.

Mercedes ließ deshalb einen reversiblen Gurtspanner entwickeln, bei dem ein Elektromotor das Textilband strafft und automatisch die Spannung wieder löst, wenn der kritische Fahrzustand nicht in einen Aufprall mündet. Kommt es zum Crash, setzen pyrotechnische Gurtstraffer nochmals nach.

Der Fahrer, das ergaben Praxisversuche mit Testpersonen, wird sich durch das vorsorgliche Spannen der Gurte während des Bremsvorgangs nicht irritiert fühlen. Die Probanden, sagt Chefentwickler Schöneburg, erlebten bei Vollbremsungen eher ein "stärkeres Sicherheitsgefühl", als der Gurt sich stramm über die Rippen zog.

Die präventive Sitzverstellung dagegen wird es auf der Fahrerseite nicht geben. Viele Autofahrer lümmeln zwar wenig vorschriftsgemäß am Steuer, manchmal zu nah am Lenkrad, häufig mit viel zu flach eingestellter Sitzlehne. Doch hier wollen die Konstrukteure auf "Pre-Safe"-Maßnahmen verzichten. Unvermittelte Sitzbewegungen könnten den ohnehin durch die Situation gestressten Wagenlenker vollends aus dem Konzept bringen.

Schöneburg: "Der Fahrer darf keinesfalls durch die Technik verunsichert werden. Er ist ein Teil des Regelkreises."

CHRISTIAN WÜST

III. Neue Dimension des Insassenschutzes aus [Sat02]

"PreSafe" vernetzt aktive und passive Sicherheitssysteme



Können Fahrzeuge lernen, Unfälle schon in ihrer Entstehung vorherzuspüren? Sensoren, die kritische Fahrzustände erkennen, sind bereits heute in den Pkw vorhanden. Mittlerweile hat DaimlerChrysler ein "PreSafe" genanntes Verfahren entwickelt, das schon im Vorfeld eines drohenden Unfalls vorsorglich die Schutzsysteme im Fahrzeug aktiviert.



Dabei nutzt das kurz vor der Serieneinführung stehenden "PreSafe" Daten von ABS, ESP und Bremsassistent und vernetzt aktive und passive Sicherheitssysteme. Das Ziel: ein präventiver Insassenschutz, der die Zeit zwischen dem Erfassen einer Unfallsituation und dem tatsächlichen Crash nutzt.



Das System positioniert die Passagiere so, dass die Verletzungsgefahr beim Crash möglichst gering ist. Dabei greifen verschiedene Einzelkomponenten ineinander: Erkennen die Fahrdynamiksysteme einen physikalischen Grenzbereich oder Abstandssensoren eine drohende Kollision, werden Sitzkissen und Lehne so eingestellt, dass Airbag und Gurt optimal arbeiten können.



Elektromotoren straffen die Schultergurte; dadurch verringert sich eine Bewegung zur Seite oder eine Verlagerung nach vorne. Beim Zusammenstoß zündet zusätzlich der pyrotechnische Gurtstraffer, um das Gurtspiel zu verkürzen. Droht ein Überschlag, schließt sich automatisch das Schiebedach, um ein Eindringen von Gegenständen zu verhindern. Kommt es nicht zum Crash, stellt "PreSafe" automatisch alle Komfort-Komponenten wieder zur Verfügung.



In dem System steckt noch viel Potential. So lassen sich die Seitenscheiben automatisch schließen, bewegliche Polster können die Insassen aktiv in die beste Position bringen und gleichzeitig Stöße absorbieren. "PreSafe" eröffnet damit eine neue Dimension des Insassenschutzes und ist gleichzeitig ein erster Schritt zu aktiver Unfallvermeidung.

C. Datenblätter

I. DAC-Card 6024E

In der Folge ist ein Auszug aus <http://www.ni.com/pdf/manuals/370719b.pdf> abgedruckt, der die wichtigsten Daten der Analog-Digitalwandlerkarte enthält. Eine ausführliche Dokumentation zur DAC-Card 6024E ist online unter <http://www.ni.com> zu finden.

NI 6023E/6024E/6025E Family Specifications

This document lists the I/O terminal summary and specifications for the devices that make up the NI 6023E/6024E/6025E family of devices. This family includes the following devices:

- NI DAQ-6024E
- NI PCI-6023E
- NI PCI-6024E
- NI PCI/PXI-6025E

For the most current edition of this document, refer to n1.com/manuals. For more information about using your E-Series device, refer to the *E-Series Help* at n1.com/manuals or on your NI-DAQ CD. Refer to the *DAQ Quick Start Guide* for more information about accessing documents on the NI-DAQ CD.



Note With NI-DAQmx, National Instruments has revised its terminal names so they are easier to understand and more consistent among NI hardware and software products. The revised terminal names used in this document are usually similar to the names they replace. For a complete list of Traditional NI-DAQ terminal names and their NI-DAQmx equivalents, refer to the *Terminal Name Equivalents* table in the *E-Series Help*.

Table 1. I/O Terminal Summary

Terminal Name	Terminal Type and Direction	Impedance Input/Output	Protection (Volts) OverV	Source (mA at V)	Sink (mA at V)	Rise Time (ns)	Bias
AI <0..15>	AI	100 GΩ in parallel with 100 pF	4275	—	—	—	±200 pA
AI SENSE	AI	100 GΩ in parallel with 100 pF	4025	—	—	—	±200 pA
AI GND	—	—	—	—	—	—	—



Table 1. I/O Terminal Summary (Continued)

Terminal Name	Terminal Type and Direction	Impedance Input/Output	Protection (Volts) OverV	Source (mA at V)	Sink (mA at V)	Rise Time (ns)	Bias
AO 0 ¹	AO	0.1 Ω	Short-circuit to ground	5 at 10	5 at -10	10 V _{ref}	—
AO 1 ¹	AO	0.1 Ω	Short-circuit to ground	5 at 10	5 at -10	10 V _{ref}	—
AO GND	—	—	—	—	—	—	—
D GND	—	—	—	—	—	—	—
+5 V	—	0.1 Ω	Short-circuit to ground	1 A fused	—	—	—
P0 <0..7>	DIO	—	V _{CC} + 0.5	13 at (V _{CC} - 0.4)	24 at 0.4	1.1	50 kΩ pu
P1 <0..7>	DIO	—	V _{CC} + 0.5	2.5 at 3.7 min	2.5 at 0.4	5	100 kΩ pu
P2 <0..7>	DIO	—	V _{CC} + 0.5	2.5 at 3.7 min	2.5 at 0.4	5	100 kΩ pu
P3 <0..7>	DIO	—	V _{CC} + 0.5	2.5 at 3.7 min	2.5 at 0.4	5	100 kΩ pu
AI HOLD COMP or AI HOLD	DO	—	—	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
EXTSTR00E*	DO	—	—	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 00AI START TRIG	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 00AI REF TRIG	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 20AI CONV CLK*	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 30CTR1 SOURCE	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 40CTR1 GATE	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
CTR1 OUT	DO	—	—	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu
P11 50AO SAMP CLK*	DIO	—	V _{CC} + 0.5	3.5 at (V _{CC} - 0.4)	5 at 0.4	1.5	50 kΩ pu

NI 6023E/6024E/6025E Family Specifications

Table 1. I/O Terminal Summary (Continued)

Terminal Name	Terminal Type and Direction	Impedance Input/Output	Protection (Volts) On/Off	Source (mA at V)	Sink (mA at V)	Rise Time (ns)	Bias
PFI 6(AO) START TRIG)	DIO	—	$V_{CC} + 0.5$	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu
PFI 7(AI) SAMP CLK)	DIO	—	$V_{CC} + 0.5$	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu
PFI 8(CTR 0 SOURCE)	DIO	—	$V_{CC} + 0.5$	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu
PFI 9(CTR 0 GATE)	DIO	—	$V_{CC} + 0.5$	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu
CTR 0 OUT	DO	—	—	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu
FREQ OUT	DO	—	—	3.5 at $(V_{CC} - 0.4)$	5 at 0.4	1.5	50 k Ω pu

* Indicates active low
1 NI PCI-6024E and NI 6025E only
2 NI 6025E only
AI = Analog Input
AO = Analog Output
DIO = Digital Input/Output
DO = Digital Output
pu = pull-up
Note: The tolerance on the 50 k Ω pull-up resistors is large. Actual value might range between 17 k Ω and 100 k Ω .

Specifications

The following specifications are typical at 25 °C unless otherwise noted.

Analog Input

Input Characteristics

Number of channels	16 single-ended or 8 differential (software-selectable per channel)
Type of A/D converter (ADC)	Successive approximation
Resolution	12 bits, 1 in 4,096
Max sampling rate	200 kS/s guaranteed

Input signal ranges (bipolar only)

Range	Bipolar
20 V	± 10 V
10 V	± 5 V
1 V	± 500 mV
100 mV	± 50 mV

Input coupling.....DC

Max working voltage (signal + common mode).....Each input should remain within ± 1 V of ground

Overvoltage protection

Signal	Powered On	Powered Off
AI < 0.15V	± 42	± 35
AI SENSE	± 40	± 25

ETPO buffer size

NI DAQCard-6024E	2,048 samples (S)
NI 6023E, NI PCI-6024E	
NI 6025E	512 S

DMA (PCI/PCI only)

Channels	1
Data sources/destinations	Analog input, analog output, counter/timer 0, or counter/timer 1
Data transfers	Direct memory access (DMA) ¹ , interrupts, programmed I/O
DMA modes	Scatter-gather (single transfer, demand transfer)
Configuration memory size	512 words (1 word = 8 bits)

Accuracy Information

NI DAQCard-6024E

Nominal Range (V)		Absolute Accuracy								Relative Accuracy	
		% of Reading		Noise + Quantization (mV)				Absolute Accuracy at Full Scale (mV)			
				Temp Drift (%/°C)							
				Offset (mV)	Single Pt.	Averaged					
Positive Full Scale	Negative Full Scale	24 Hours	1 Year							Resolution (mV)	
10	-10	0.0872	0.0914	8.830	3.910	1.042	0.0010	19.012	5.890	1.370	
5	-5	0.0272	0.0314	4.420	1.950	0.521	0.0005	6.517	2.950	0.086	
0.5	-0.5	0.0872	0.0914	0.462	0.452	0.052	0.0010	0.972	0.516	0.069	
0.05	-0.05	0.0872	0.0914	0.066	0.063	0.007	0.0010	0.119	0.073	0.009	

Note: Accuracies are valid for measurements following an internal E-Series calibration. Averaged numbers assume dithering and averaging of 100 single-channel readings. Measurement accuracies are listed for operational temperatures within ±1 °C of internal calibration temperature and ±10 °C of external or factory-calibration temperature. NI recommends a one-year calibration interval. The Absolute Accuracy at Full Scale calculations were performed for a maximum range input voltage (for example, 10 V for the ±10 V range) after one year, assuming 100 points of averaged data.

NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E

Nominal Range (V)		Absolute Accuracy							Relative Accuracy	
		% of Reading		Noise + Quantization			Absolute Accuracy of Full Scale (mV)	Resolution (mV)		
				Temp Drift (%/°C)						
				Single Pt.	Averaged					
Positive Full Scale	Negative Full Scale	24 Hours	1 Year	Offset (mV)	Single Pt.	Averaged	Temp Drift (%/°C)	Single Pt.	Averaged	
10	-10	0.0872	0.0914	6.38	3.91	0.975	0.0010	16.504	5.89	1.28
5	-5	0.0272	0.0314	3.20	1.95	0.488	0.0005	5.263	2.95	0.642
0.5	-0.5	0.0872	0.0914	0.340	0.195	0.049	0.0010	3.846	0.295	0.064
0.05	-0.05	0.0872	0.0914	0.054	0.063	0.006	0.0010	3.106	0.073	0.008

Note: Accuracies are valid for measurements following an internal E-Series calibration. Averaged numbers assume dithering and averaging of 100 single-channel readings. Measurement accuracies are listed for operational temperatures within ±1 °C of internal calibration temperature and ±10 °C of external or factory-calibration temperature. NI recommends a one-year calibration interval. The Absolute Accuracy at Full Scale calculations were performed for a maximum range input voltage (for example, 10 V for the ±10 V range) after one year, assuming 100 points of averaged data.

Transfer Characteristics

Relative Accuracy	
Dithered	±0.5 LSB typ
Undithered	±1.5 LSB max
Differential nonlinearity (DNL)	
NI DAQCard-6024E	±0.75 LSB typ, -0.9 to +1.5 LSB max
NI 6023E, NI PCI-6024E	±0.5 LSB typ, ±1.0 LSB max
NI 6025E	±0.5 LSB typ, ±1.0 LSB max
No missing codes	12 bits, guaranteed
Offset error	
Pregain error after calibration	±12 µV max
Pregain error before calibration	±28 mV max
Postgain error after calibration	±0.5 mV max
Postgain error before calibration	±100 mV max
Gain error (relative to calibration reference)	
After calibration (gain = 1)	±0.02% of reading max
Before calibration	±2.75% of reading max
Gain ≠ 1 with gain error adjusted to 0 at gain = 1	±0.05% of reading max

Amplifier Characteristics

Input impedance	Normal powered on	100 Ω (32 in parallel with 100 pF)
Powered off		4.7 kΩ
Overload		4.7 kΩ
Input bias current		±200 pA
Input offset current		±100 pA
Common-mode rejection ratio (CMRR), DC to 60 Hz		Range 10 to 20 mV85 dB
		Range 100 mV to 1 V90 dB

Dynamic Characteristics

Bandwidth	Small signal (−3 dB).....500 kHz
Large signal (1% THD)	NI DAQCard-6024E.....265 kHz
	NI PCI-6023E, NI PCI-6024E.....225 kHz
NI 6025E	
Settling time for full-scale step	5 μs (typ to ±0.5 LSB accuracy) ¹
System noise (LSB _{rms} , not including quantization)	

Device	Range	Dither Off	Dither On
NI DAQCard-6024E	10 to 20 V	0.1	0.65
	1 V	0.45	0.65
	100 mV	0.70	0.90
NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E	1 to 20 V	0.1	0.6
	100 mV	0.7	0.8

Crosstalk.....−60 dB, DC to 100 kHz

Stability

Recommended warm-up time	NI DAQCard-6024E.....30 minutes
	NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E.....15 minutes
Offset temperature coefficient	Pregain±15 μV/°C
	Postgain.....±240 μV/°C
Gain temperature coefficient	±25 ppm/°C

¹ Accuracy values are valid for source impedances <1 kΩ. Refer to *Multi-channel Scanning Considerations* in the *E-Series Help* for more information.

Analog Output (NI 6024E/6025E Only)

Output Characteristics

Number of channels	2 voltage
Resolution	12 bits, 1 in 4,096
Max update rate	10 kHz, system dependent
DMA ¹	1 kHz, system dependent
Interrupts	Double buffered, multiplying
Type of D/A converter (DAC)	None
FIFO buffer size	DMA ¹ interrupts, programmed I/O
Data transfers	DMA ¹ modes
DMA ¹ modes	Scatter-gather (single transfer, demand transfer)

Accuracy Information

NI DAQCard-6024E

Absolute Accuracy				
Nominal Range (V)		% of Reading		Absolute Accuracy at Full Scale (mV)
Positive Full Scale	Negative Full Scale	24 Hours	90 Days	1 Year
10	−10	0.0177	0.0197	0.0219
		Offset (mV)		Temp Drift (%/°C)
		8.37		0.0005
				10.568

Note: Temp Drift applies only if ambient is greater than ±10 °C of previous external calibration.

NI PCI-6024E, NI 6025E

Absolute Accuracy				
Nominal Range (V)		% of Reading		Absolute Accuracy at Full Scale (mV)
Positive Full Scale	Negative Full Scale	24 Hours	90 Days	1 Year
10	−10	0.0177	0.0197	0.0219
		Offset (mV)		Temp Drift (%/°C)
		5.93		0.0005
				8.127

Note: Temp Drift applies only if ambient is greater than ±10 °C of previous external calibration.

¹ No DMA on the NI DAQCard-6024E.

Transfer Characteristics	
Relative accuracy, or integral nonlinearity (INL) After calibration	
NI DAQCard-6024E.....	±0.5 LSB typ, ±1.0 LSB max
NI PCI-6024E, NI 6025E.....	±0.3 LSB typ, ±0.5 LSB max
Before calibration.....	±4 LSB max
DNL	
After calibration	
NI DAQCard-6024E.....	±0.5 LSB typ, ±1.0 LSB max
NI PCI-6024E, NI 6025E.....	±0.3 LSB typ, ±1.0 LSB max
Before calibration.....	±3 LSB max
Monotonicity.....	12 bits, guaranteed after calibration
Offset error	
After calibration.....	±1.0 mV max
Before calibration.....	±200 mV max
Gain error (relative to internal reference)	
After calibration.....	±0.01% of output max
Before calibration.....	±0.75% of output max
Voltage Output	
Range.....	±10 V
Output coupling.....	DC
Output impedance.....	0.1 Ω max
Current drive.....	±5 mA max
Protection.....	Short-circuit to ground
Power-on state (steady state).....	±200 mV
Initial power-up glitch	
Magnitude	
NI DAQCard-6024E.....	±1.5 V
NI PCI-6024E, NI 6025E.....	±1.1 V

Digital I/O	
Number of channels	
NI DAQCard-6024E, NI 6025E,	8 input/output
NI PCI-6024E.....	32 input/output
NI 6025E.....	5 V TTL
Compatibility.....	5 V TTL

Dynamic Characteristics	
Settling time for full-scale step.....	5 µs typ to ±0.5 LSB accuracy ¹ 5 µs max to ±1.0 LSB accuracy
Stew rate.....	10 V/µs
Noise.....	200 µV _{rms} , DC to 1 MHz
Midscale transition glitch	
Magnitude	
NI DAQCard-6024E.....	±13 mV
NI PCI-6024E, NI 6025E.....	±42 mV
Duration.....	2.0 µs
Stability	
Offset temperature coefficient.....	±50 µV/°C
Gain temperature coefficient.....	±25 ppm/°C

¹ Accuracy values are valid for source impedances <1 kΩ. Refer to *Multichannel Scanning Considerations in the E-Series Help* for more information.

• NI 6023E/6024E

Digital logic levels on P0,<0..7>

Level	Min	Max
Input low voltage	0 V	0.8 V
Input high voltage	2 V	5 V
Input low current ($V_{in} = 0$ V)	—	–320 μ A
Input high current ($V_{in} = 5$ V)	—	10 μ A
Output low voltage ($I_{OL} = 24$ mA)	—	0.4 V
Output high voltage ($I_{OH} = -13$ mA)	4.35 V	—

Power-on state..... Input (high-impedance);
50 k Ω pull-up to +5 VDC.

Data transfers..... Programmed I/O

• NI 6025E

Digital logic levels on P1,<0..7>, P2,<0..7>, and P3,<0..7>

Level	Min	Max
Input low voltage	0 V	0.8 V
Input high voltage	2.2 V	5 V
Input low current ($V_{in} = 0$ V, 100 k Ω pull-up)	—	–75 μ A
Input high current ($V_{in} = 5$ V, 100 k Ω pull-up)	—	10 μ A
Output low voltage ($I_{OL} = 2.5$ mA)	—	0.4 V
Output high voltage ($I_{OH} = -2.5$ mA)	3.7 V	—

Handshaking..... 2-wire

Power-on state

P1,<0..7>..... Input (high-impedance);
100 k Ω pull-up to +5 VDC
P2,<0..7>..... Input (high-impedance);
100 k Ω pull-up to +5 VDC
P3,<0..7>..... Input (high-impedance);
100 k Ω pull-up to +5 VDC

Data transfers..... Interrupts, programmed I/O

Timing I/O

Number of channels..... 2 up/down counter/timers,
1 frequency scaler

Resolution
Counter/timers..... 24 bits
Frequency scalars..... 4 bits
Compatibility..... 5 V TTL

Base clocks available
Counter/timers..... 20 MHz, 100 kHz
Frequency scalars..... 10 MHz, 100 kHz

Base clock accuracy..... $\pm 0.01\%$

Max source frequency

Up/down counter/timers..... 20 MHz

Min source pulse duration..... 10 ns in edge-detect mode

Min gate pulse duration..... 10 ns in edge-detect mode

Data transfers..... DMA¹, interrupts,
programmed I/O

DMA¹ modes..... Scatter-gather
(single transfer, demand transfer)

Digital Trigger

Purpose

Analog input..... Start, reference, and pause trigger,
sample clock

Analog output..... Start and pause trigger,
sample clock

Counter/timers..... Source, gate

External sources..... PFI <0..9>, RTSI <0..6>²

Compatibility..... 5 V TTL

¹ No DMA on the NI DAQ-6024E.

² No RTSI on the NI DAQ-6024E.

Physical

Dimensions (not including connectors)	
PCI devices	17.5 by 10.7 cm (6.9 by 4.2 in.)
PCI devices	16.0 by 10.0 cm (6.3 by 3.9 in.)
NI DAQCard-6024E	
PC card type	Type II
I/O connector	
NI DAQCard-6024E	68-position VHDCI female connector
NI 6023E, NI PCI-6024E	68-pin male SCSI-II type
NI 6025E	100-pin female 0.05D type

Maximum Working Voltage

Channel-to-earth	42 V, Installation Category II
Channel-to-channel	42 V, Installation Category II

Environmental

Operating temperature	
NI DAQCard-6024E	0 to 40 °C with a maximum internal device temperature of 70 °C as measured by onboard temperature sensor; case temperature should not exceed 55 °C
NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E	0 to 55 °C
Storage temperature	-20 to 70 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing
Maximum altitude	2,000 m
Pollution Degree (indoor use only)	2

ni.com

NI 6023E/6024E/6025E Family Specifications

14

Response	Rising or falling edge
Pulse width	10 ns min
RTSI¹	
Trigger lines	7

Calibration

Recommended warm-up time	
NI DAQCard-6024E	30 minutes
NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E	15 minutes
Interval	1 year
External calibration reference	Between 6 and 10 V
Onboard calibration reference	
Level	5,000 V (±3.5 mV), actual value stored in EEPROM
Temperature coefficient	±5 ppm/°C max
Long-term stability	±15 ppm/√1,000 h

Power Requirement

+5 VDC (±5%)	
NI DAQCard-6024E	270 mA typ, 750 mA max
NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E	0.7 A
Note	Excludes power consumed through +5 V available at the I/O connector.
Power available at I/O connector	
NI DAQCard-6024E	+4.65 to +5.25 VDC at 250 mA
NI 6023E, NI PCI-6024E, NI 6025E	+4.65 to +5.25 VDC at 1 A

¹ No RTSI on the NI DAQCard-6024E.

© National Instruments Corporation

NI 6023E/6024E/6025E Family Specifications

13

Electromagnetic Compatibility	
Emissions.....	EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity	EN 61326:1997 A2:2001, Table 1
CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant	
Note For EMC compliance, you <i>must</i> operate this device with shielded cabling.	
CE Compliance	
This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:	
Low-Voltage Directive (safety).....	7323/MEC
Electromagnetic Compatibility Directive (EMC).....	89/336/EEC
Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardw-e-f.na-f , search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.	


3707198-01
Sep03

Patents: NI, National Instruments, NI, NI-DAQmx, and RTSP are trademarks of National Instruments Corporation. Product and company names are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location. **Help-Patents** in your software, the [patents.txt](#) file on your CD, or [http://www.ni.com/patents](#).
© 2003 National Instruments Corp. All rights reserved.

♦ NI PXI-6025E	
Functional shock	MIL-T-28800 E Class 3 (per Section 4.5.5.4.1) half-sine shock pulse, 11 ms duration, 30 g peak, 30 shocks per face
Operational random vibration	5 to 500 Hz, 0.31 g_{RMS} , 3 axes
Non-operational random vibration	5 to 500 Hz, 2.5 g_{RMS} , 3 axes
Note Random vibration profiles for the NI PXI-6025E were developed in accordance with MIL-T-28800E and MIL-STD-810E Method 514. Test levels exceed those recommended in MIL-STD-810E for Category 1, Basic Transportation.	
Safety	
♦ NI PCI-6023E/6024E/6025E, NI PXI-6025E	
The device meets the requirements of the following standards for safety and electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:	
• IEC 61010-1, EN 61010-1	
• UL 3111-1, UL 61010B-1	
• CAN/CSA C22.2 No. 1010.1	
♦ NI DAQCard-6024E	
The device meets the requirements of the following standards for safety and electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:	
• IEC 60950, EN 60950	
• UL 1950, UL 60950	
• CAN/CSA C22.2 No. 1010.1	
Note For UL and other safety certifications, refer to the product label, or visit ni.com/hardw-e-f.na-f , search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.	

II. CAN Interface

Appendix C	Specifications			nl.com
	Optical Isolation	500 V each port		
	RTSI	Trigger lines.....7 input/output Clock lines1 input/output I/O compatibility.....TTL Power-on stateInput (High-Z) Response.....Rising Edge Triggers		
	High-Speed CAN	TransceiverPhilips TJA1041 Max baud rate1 Mbps CAN_H, CAN_L bus lines.....-27 to +40 VDC VBAT power requirement (jumper set to EXT).....+8 to +27 VDC on V+ connector pin (referenced to V-)		
	Low-Speed/Fault-Tolerant CAN	TransceiverPhilips TJA1054A Max baud rate125 kbps CAN_H, CAN_L bus lines.....-27 to +40 VDC VBAT power requirement (jumper set to EXT).....+8 to +27 VDC on V+ connector pin (referenced to V-)		

© National Instruments Corporation	C-1	M-CAN Hardware and Software Manual	

PXI-846x Series 2

Power Requirement

+5 VDC (±5%)	
PXI-8461 (1 port)	800 mA typical
PXI-8461 (2 ports)	850 mA typical
PXI-8460 (1 port)	800 mA typical
PXI-8460 (2 ports)	850 mA typical
PXI-8463 (1 port)	800 mA typical
PXI-8463 (2 ports)	850 mA typical
PXI-8464 (1 port)	850 mA typical
PXI-8464 (2 ports)	900 mA typical

Physical

Dimensions	16.0 by 10.0 cm (6.3 by 3.9 in.)
I/O connector	9-pin male D-Sub for each port

Operating Environment

Ambient temperature	0 to 55 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1, IEC-60068-2-2, IEC-60068-2-56)	

Storage Environment

Ambient temperature	-20 to 70 °C
Relative humidity	5 to 95%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1, IEC-60068-2-2, IEC-60068-2-56)	

Single Wire CAN

Transceiver	Philips AU5790
Max baud rate	33.3 kbps (normal transmission mode), 83.3 kbps (High-Speed transmission mode)
CAH_H bus line	-10 to +18 VDC
VBAT power requirement (always required)	+8 to +18 VDC (12 VDC recommended) on V+ connector pin (referenced to V-)

XS Software Selectable

Relay service life	
Mechanical	50,000,000 operations min. (at 36,000 operations per hour)

External mode digital I/O characteristics
MODE0, MODE1—digital outputs
STATUS—digital input

Level	Min	Max
V _{IL}	0.0 V	0.8 V
V _{IH}	2.0 V (typ)	5.0 V
V _{OL} (I _{OL} = 32 mA)	—	0.55 V
V _{OHL} (I _{OHL} = -32 mA)	3.8 V	—

Appendix C Specifications

Functional Shock

30 g peak, half-sine, 11 ms pulse
(Tested in accordance with IEC-60068-2-27. Test profile developed in accordance with MIL-T-28800E.)

Random Vibration

Operating..... 5 to 500 Hz, 0.3 grms
Nonoperating..... 5 to 500 Hz, 2.4 grms
(Tested in accordance with IEC-60068-2-64. Nonoperating test profile developed in accordance with MIL-T-28800E and MIL-STD-810E Method 514.)

Optical Isolation

500 V each port

PXI Trigger Bus

Trigger lines..... 7 input/output
PXI_Star trigger..... 1 input
Clock lines..... 1 input/output
PXI_Clk10..... 1 input
I/O compatibility..... TTL
Power-on state..... Input (High-Z)
Response Rising Edge Triggers

High-Speed CAN

Transceiver..... Philips TJA1041
Max baud rate..... 1 Mbps

© National Instruments Corporation

C-5

NI-CM Hardware and Software Manual

Appendix C Specifications

CAN_H, CAN_L bus lines.....-27 to +40 VDC
VBAT power requirement
(jumper set to EXT).....+8 to +27 VDC
on V+ connector pin
(referenced to V-)

Low-Speed/Fault-Tolerant CAN

Transceiver.....Philips TJA1054A
Max baud rate.....125 kbps
CAN_H, CAN_L bus lines.....-27 to +40 VDC
VBAT power requirement
(jumper set to EXT).....+8 to +27 VDC
on V+ connector pin
(referenced to V-)

Single Wire CAN

Transceiver.....Philips AU5790
Max baud rate.....33.3 kbps (normal transmission mode), 83.3 kbps (High-Speed transmission mode)
CAN_H bus line.....-10 to +18 VDC
VBAT power requirement
(always required).....+8 to +18 VDC (12 VDC typical)
on V+ connector pin
(referenced to V-)

XS Software Selectable

Relay service life:
Mechanical.....50,000,000 operations min.
(at 36,000 operations per hour)

NI-CM Hardware and Software Manual

C-6

ni.com

External mode digital I/O characteristics
MODE0, MODE1—digital outputs
STATUS—digital input

Level	Min	Max
V _{IL}	0.0 V	0.8 V
V _{IH}	2.0 V (typ)	5.0 V
V _{OL} (I _{OL} = 32 mA)	—	0.55 V
V _{OH} (I _{OH} = -32 mA)	3.8 V	—

PCMCIA-CAN Series 2

Power Requirement

+5 VDC (±5%)
PCMCIA-CAN350 mA typical; active
1-port PCMCIA-CAN
internal power cable.....+50 mA typical
PCMCIA-CAN/2.....350 mA typical; active
2-port PCMCIA-CAN
internal power cable.....+100 mA typical

Physical

Dimensions.....8.56 by 5.40 by 0.5 cm
(3.4 by 2.1 by 0.2 in)
I/O connector.....PCMCIA-CAN cable with 9-pin
male D-Sub and pluggable screw
terminal for each port

Operating Environment

Ambient temperature.....0 to 55 °C
Relative humidity10 to 90%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1, IEC-60068-2-2,
EC-60068-2-56.)

Storage Environment

Ambient temperature-20 to 70 °C
Relative humidity5 to 95%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1, IEC-60068-2-2,
EC-60068-2-56.)

Optical Isolation

500 V each port in PCMCIA-CAN cables

Synchronization Triggers

Trigger lines.....4 input/output (TRIG_0-TRIG_3)
Clock lines.....1 input (TRIG7_CLK)
I/O compatibility.....TTL
Power-on state.....Input (High-Z)
Response.....Rising Edge Triggers

Level	Min	Max
V _{IL}	-0.5 V	0.8 V
V _{IH}	1.7 V	5.75 V
V _{OL} (I _{OL} = 8 mA)	—	0.45 V
V _{OH} (I _{OH} = 8 mA)	2.4 V	—

High-Speed Transceiver Cable

Transceiver.....Philips PCA82C250
Max band rate1 Mbps
CAN_H, CAN_L bus lines.....-8 to +18 VDC

Appendix C Specifications

Electrical immunity Evaluated to EN 61326:1997
+A2:2001, Table 1

Note For EMC compliance, operate this device with shielded cabling. In addition, all covers and filter panels *must* be installed. Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, click **Declarations of Conformity Information** at ni.com/hard-ef.na#. This Web site lists the DoCs by product family. Select the appropriate product family, followed by your product, and a link to the DoC appears in Adobe Acrobat format. Click the Acrobat icon to download or read the DoC.

Appendix C Specifications

Power requirement (bus-powered transceiver cables only)..... +10 to +30 VDC on V+ connector pin (4) mA typical, 100 mA maximum) (referenced to V-)

Low-Speed/Fault-Tolerant Transceiver Cable

Transceiver..... Philips TJA1053
Max baud rate..... 125 kbps
CAN_H, CAN_L bus lines -10 to +27 VDC
Power requirements..... Internally powered

Dual-Speed Cable

Port 1 Refer to the *High-Speed Transceiver Cable* section
Port 2 Refer to the *High-Speed Transceiver Cable* section
Power requirements..... Internally powered

Safety

The NI-CAN hardware meets the requirements of the following standards for safety and electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61010-1, IEC 61010-1
- UL 3111-1, UL 61010B-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

Note For UL and other safety certifications, refer to the product label to or ni.com.

Electromagnetic Compatibility

EMC/EMI..... CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant
Electrical emissions..... EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz

© National Instruments Corporation

C-9

NI-CAN Hardware and Software Manual

NI-CAN Hardware and Software Manual

C-10

ni.com

III. Gurtkraftsensor

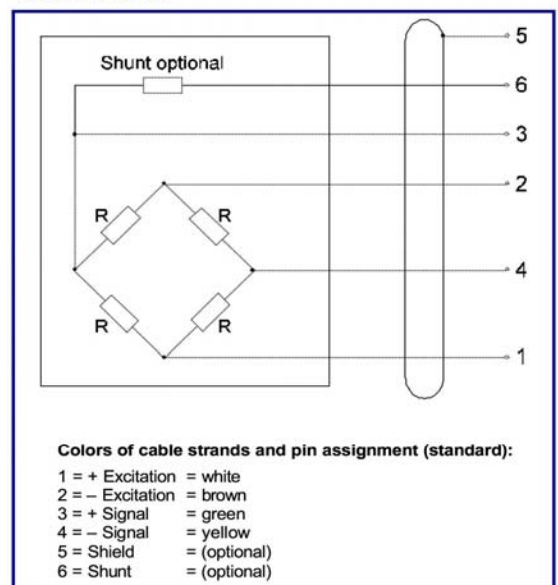
Strain Gauge Belt Force Transducer Series DK11 – Ranges 500 N up to 35 kN



Specifications

Principle	strain gauge, full bridge, 350 Ω (optional: 1000 Ω)
Excitation voltage	10 V max.
Capacities	500 N 2 kN 6 kN 16 kN 25 kN 35 kN
Overload	50 % max. (see certificate)
Non-linearity	< 1.0 % F.S. (with linearization electronics)
Temperature range	-10°C to +70 °C
Output	approx. 2 mV/V (see certificate)
Resonance frequency	> 3 kHz
Options	- built-in ID module 6-wire technology - shunt - linearization electronics to minimize non-linearity

Connection



MESSRING Systembau MSG GmbH
P.O. Box 19 08 16
D-80608 Munich
Germany

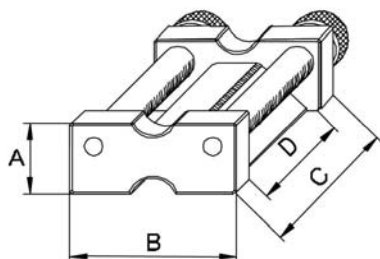
17.09.01

For more information feel free to call us
Phone: +49-89-898139-0, Fax: -924
E-Mail: info@messring.de
www.messring.de

V:\PRODUKTE\PDF\dk11e.doc

Type	Dimensions [mm]				Weight [g]	Non-linearity [max. % Full Scale]	
	A	B	C	D		uncompensated	compensated *
DK-11-11-11 (500 N, aluminum)	15	35	41	1"	50	1	1,0
DK-11-11-21 (500 N, aluminum)	15	35	65	2"	69	1,5	1,0
DK-11-12-11 (2 kN, aluminum)	15	35	41	1"	50	1	1,0
DK-11-12-21 (2 kN, aluminum)	15	35	65	2"	69	1,5	1,0
Dk-11-13-11 (5 kN, aluminum)	15	35	41	1"	50	1,0	1,0
DK-11-14-21 (6 kN, aluminum)	16.5	35	65	2"	75	3,0	1,0
DK-11-34-23 (6 kN, titanium)	15	35	65	2"	85	2,5	1,0
DK-11-35-23 (16 kN, titanium)	16.5	35	65	2"	90	3,5	1,0
DK-11-36-23 (25 kN, titanium)	22.5	42	68	2"	160	2,5	1,0
DK-11-37-23 (35 kN, titanium)	22.5	41	68	2"	160	2,5	1,0
DK-11-35-22 (16kN, titanium with steel bolts)	16.5	35	65	2"	110	2,5	1,0
DK-11-25-22 (16 kN, steel)	15	35	65	2"	155	2,5	1,0
DK-11-26-22 (25 kN, steel)	21.5	39	68	2"	250	2,5	1,0
DK-11-27-22 (35 kN, steel)	21.5	39	68	2"	250	3,0	1,0

* by means of linearization electronics, order code DK-11-51-00



Important notes!

1. Our belt force transducers are calibrated using a MESSRING standard belt (extension: 11% – 14%). If the belt force transducer is used with a different belt, deviations from the calibration may occur. To minimize these deviations we recommend sending along with your order a sample of the belt you use (approx. 2 mtrs)
2. The installed linearization board is shock-proof and for 10 VDC operation only.

Available Outlets

Pg cable passage



cable is clamped

Kink protection spring



cable is glued

90° cable tension relief



cable is clamped

1-Channel Strain Gauge Amplifier Series LA13



- Amplification and offset can be adjusted continuously
- Upper and lower limit of the limit indicator separately adjustable
- All outputs are short-circuit proof
- Customer-specific signal frequency filter available
- Strain gauge excitation and amplifier output galvanically insulated from the supply voltage
- No voltage drop of the strain gauge excitation by means of sensed bridge supply

This stationary 1-channel strain gauge amplifier is mounted in a rugged diecast housing. It can either be used as a strain gauge amplifier with limit switch or for the evaluation of potentiometric transducers. By means of its universal amplification adjustment it can be used for most measuring and A/D converter

devices. As the bridge excitation is equipped with a sense line option, the quality of the measurement is – compared to conventional systems – virtually independent of the cable length between the sensor and the LA13.

Specifications

Inputs		Outputs	
Voltage supply (V_{CC})	14 ... 28 V	Analog signal	± 10 V (depending on V)
Sense + Sense –	monitoring of bridge excitation	Bridge supply (Excit.) optional:	5 V at $\geq 120 \Omega$ 10 V at $\geq 240 \Omega$
Signal + Signal –	strain gauge bridge	Limit Indicator (Limit) short-circuit proof	$U = V_{CC} - 1.5$ V $I = 40$ mA

Maximum Gain (V_{max}) at the following signal frequencies:

100.0 kHz 50.0 kHz 10.0 kHz 0.7 kHz	$V_{max} = 11$ $V_{max} = 110$ $V_{max} = 1100$ $V_{max} = 11000$
Housing	Aluminum diecast
Dimensions	35×57×63 mm

MESSRING Systembau MSG GmbH
P.O. Box 19 08 16
D-80608 Munich
Germany

17.09.01

For more information feel free to call us
Phone: +49-89-898139-0, Fax: -924
E-Mail: info@messring.de
www.messring.de

V:\PRODUKTE\PDF\La13e.doc

D. Literaturverzeichnis

- [Rok02] Rokosch, Uwe: *Airbag und Gurtstraffer*. Vogel Buchverlag; 2002; ISBN 3-8023-1883-8
- [Law97] Lawrenz, Wolfhard: *CAN / Controller Area Network*, Hüthig; 1997; ISBN3-7785-2575-1
- [TRW02] Spezifikation *TRW-Frame für Parametrisierungs- und Testzwecke SW-Version „_24c“* Version V5.30, TRW Automotive Electronics & Components GmbH ; 2002
- [Air03] <http://airbag.feuerwehr.org/Lexikon.htm>
- [Foc02] Magazin „Focus“ 08/2002
- [Spi02] Magazin „Der Spiegel“ 33/2002
- [Sat02] <http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/tips/mobil/35879/>
- [Sie04] Siemens Online Lexikon, http://w3.siemens.de/solutionprovider/_online_lexikon/0/f007350.htm

E. Glossar

PCI	Peripheral Component Interconnect
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
CAN	Controller Area Network
ACR	Active Control Retractor
KWP2000	Keyword Protocol 2000
3PGA	Dreipunkt Gurtaufroller
VI	virtual instrument (LabVIEW)
FCT-Tester	Funktionstester
EOL-Tester	End-of-Linetester; Endprüfstand am Ende der Produktionslinie
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung

ABS.....	9	Diagramm.....	24, 25, 40
Abschlusswiderstand	34	Druckmessdose.....	19
Abtastung	20, 27, 28	ECU-Kennung	96
ACR- Steuerung.....	10	Einbauseite	42
Actuator	18, 45	Entriegeln	16
Akku.....	30	Error Active.....	14
Analog- Digitalschnittstelle	30	Error Passive	14
Arbitrationsfeld.....	11	ESP	9
Auflösung.....	21, 31, 33	Fahrzeugsimulation ...	17, 18, 21, 25, 26, 27
Auswertung gelesener Bytes.....	95	Federwaage.....	19
Baudrate	15, 24, 33	Fehlerbehandlung.....	14
BCD	50, 51, 94	Fehlererkennung.....	11
BCD5DEZIMAL	94	Frontend	25
Betriebsspannung.....	56	Gurtkraft.....	52
Bit Stuffing	14	Gurtkraft Dehnmessstreifensensor	20
Brushless DC Motor	8	Gurtkraftaufnehmer.....	33, 34, 35, 36
Bus aktiv versorgen	15	Gurtkraftmessung.....	33, 34
Bus Off.....	14	Gurtkraftsensor.....	20
Busarbitrierung	12	Gurtlose	19
Busleitungen	12	Hallsensoren	58
Butterworthfilter	28	Handpumpe	35
C++	18	HP- VEE.....	18
CAN 2.0A	11	Identifizier-Feld.....	11
DAQ.....	48	Klemme 15	30
Datenerfassung.....	41, 48	Knotenadressen	40
DC/DC	28	Koffer	20, 36
DC/DC Konverter.....	28	Korrekturwert.....	48
Diagnoseaufbau	42	Kraftmessdose	19

Kraftniveau	56	Shunt.....	27, 28, 30, 31, 53
Kurzschluss.....	30	Spannungseinbrüche.....	54
KWP2000.....	18, 27, 42	Speicherschreiben.....	44
LabVIEW.....	16, 18, 20, 23, 24, 25, 31, 38	Start Actuator	45, 46
Lenkwinkel	25, 26	Starterbox	23
Montageschiene	20, 35, 36	Straffzyklus	56
Nichtlinearität	33	Stromanstiegsgeschwindigkeit.....	16
NiMH.....	16, 17	Stromaufnahme	2, 19, 27, 28, 30, 53, 54
Non-Return-to-Zero	12	Strommessung	21, 27, 31, 53
Occurence	48	Stoff- Regel	14
P-CAN Explorer	23	Subfunktion	44
PCMCIA	16, 20, 31, 33, 34, 90	Tiefpass	29
Pneumatikzylinder	19, 35	Umlenkrolle.....	35
Relais	30	Unlock Key	43, 45
Schreibrechte	93	Winkel to Byte	26
Sendeknoten.....	40		