7
2024

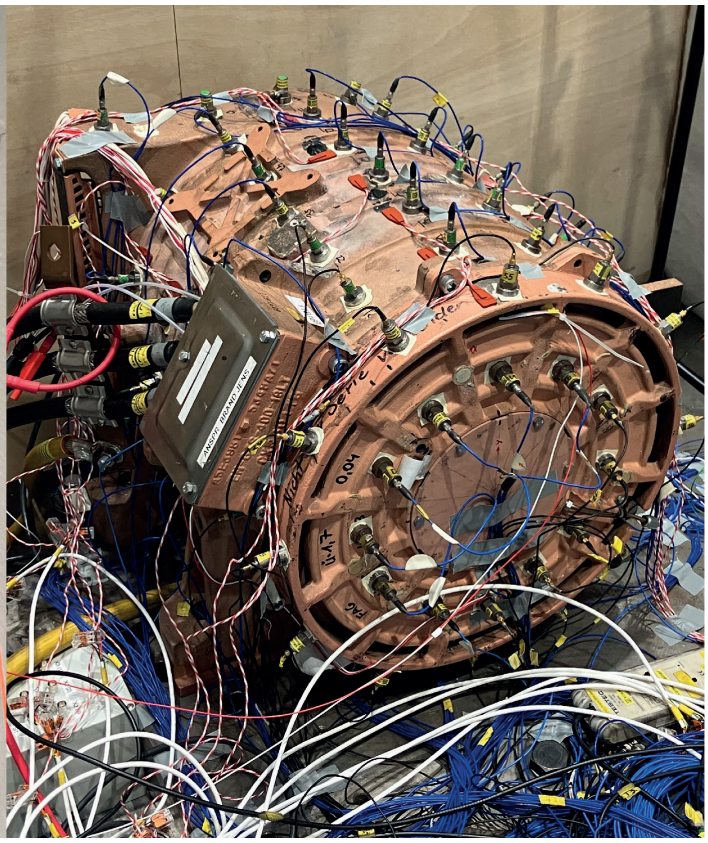
Elektrische
Bahnen
Elektrotechnik
im Verkehrswesen

Sonderdruck

40 Jahre Systemtests bei Siemens – Grenzen durch Automatisierung und Digitalisierung erweitern

Andreas Heid, Olaf Körner, Armin Rastogi, Bernd Sauer, Nürnberg





Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

ISSN 0013-5437 // B 2580 // Jahrgang 122 // www.eb-info.eu

40 Jahre Systemtests bei Siemens – Grenzen durch Automatisierung und Digitalisierung erweitern

Andreas Heid, Olaf Körner, Armin Rastogi, Bernd Sauer, Nürnberg

Das Prüffeld Bahnsysteme am Standort Nürnberg der Siemens Mobility GmbH liefert seit 40 Jahren seinen prüftechnischen Beitrag zur qualitativen Absicherung hoch performanter Antriebstechnik. Im Zuge der Globalisierung, der zunehmenden Wichtigkeit der Nachhaltigkeit, der Einhaltung nationaler, aber auch internationaler Rechts- und Normgebung, flankiert von kürzeren Projekt- beziehungsweise Entwicklungszyklen, erweitert sich das Prüfgeschäft um das Ausschöpfen automatisierter und digitalisierter Prüfmöglichkeiten, um bei gleichbleibend hoher Qualität effizient Ergebnisse zu erzeugen.

40 years of System testing at Siemens – Pushing Limits with Automation and Digitalization
For 40 years Siemens Mobility limited companies test field for Traction Systems located in Nuremberg has been technically contributing the validation of high performance rolling stock traction systems. In the course of globalization, the growing importance of sustainability, compliance to national but also international law and standard regulations, accompanied by shorter project and development cycles, validation and verification business is being extended by automation and digitalization potential, in order to achieve the same high-quality results in shorter time as before.

40 ans de tests systèmechez Siemens – Repousser les limites grâce à l'automatisation et à la numérisation
Depuis 40 ans, le champ d'essai de la société anonyme Siemens Mobility pour les systèmes de traction situé à Nuremberg contribue techniquement à la validation des systèmes de traction du matériel roulant à hautes performances. Au cours de la mondialisation, l'importance croissante de la durabilité, le respect des lois et réglementations nationales mais aussi internationales, accompagné de cycles de projet et de développement plus courts, les activités de validation et de vérification sont étendus par le potentiel d'automatisation et de numérisation, afin d'atteindre le même des résultats de haute qualité dans des délais plus courts, comme auparavant.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

1 Einleitung

1984 entstand bei der damaligen Siemens AG die Idee, ein elektrisches Prüffeld zur messtechnischen Validierung von Traktionssystemen des schienengebundenen Verkehrs ins Leben zu rufen. Seit der Prüffeldumsetzung mit der Systemtestpremiere 1986 [1] sind seitdem mehr als 200 Systemprüfungen erfolgreich absolviert worden. Tabelle 1 listet eine Auswahl an wichtigen Projekten und Fahrzeugplattformen auf.

Durch den Umzug des Prüffelds um die Jahrtausendwende [2] wurde das Prüffeldportfolio Zug um Zug um den Anteil von entwicklungsbegleitenden Prüfungen erweitert. Neben dem elektrischen Kernthema deckt das Prüfspektrum nun akustische, mechanische, aber auch EMV-technische Untersuchungen ab. So sind in den letzten 20 Jahren zu der Zahl der absolvierten Systemprüfungen in etwa genauso viele, im Prüfumfang jedoch meist kleinere, Entwicklungsprüfungen hinzugekommen.

2 Prüffeldbereiche mit Anwendungsbeispielen

Ein Großteil der ursprünglichen robusten Prüffeldinfrastruktur [1; 2] ist noch im Einsatz. Die installierte Einspeiseleistung des Prüffelds beträgt 4,5 MW. Bild 1 zeigt sieben Hauptbereiche des Prüffelds Bahnsysteme im Systemprüfhaus.

Bereich 1 stellt den Außenbereich dar, der sich in den letzten zehn Jahren aus brandschutztechnischen Gründen als Aufstellplatz für Traktionsbatterien oder ähnliche alternativen Leistungsquellen etabliert hat. Als konkretes Beispiel wurde diese Fläche im Rahmen des *Mireo Plus H* Systemtests [3], wie in Bild 2 dargestellt, als Aufstellfläche für Brennstoffzellen (oben rechts), Wasserstoffbündel (unten) und der Kombikühlanlage (*oben links*) für Brennstoffzelle und Stromrichter genutzt. Unter dem gelben Trittschutz *oben links* in Bild 2 führen sowohl Kühlwasserverrohrung als auch elektrische Leistungsverkabelung in den Prüfhallenbereich 6 von Bild 1. Dort werden

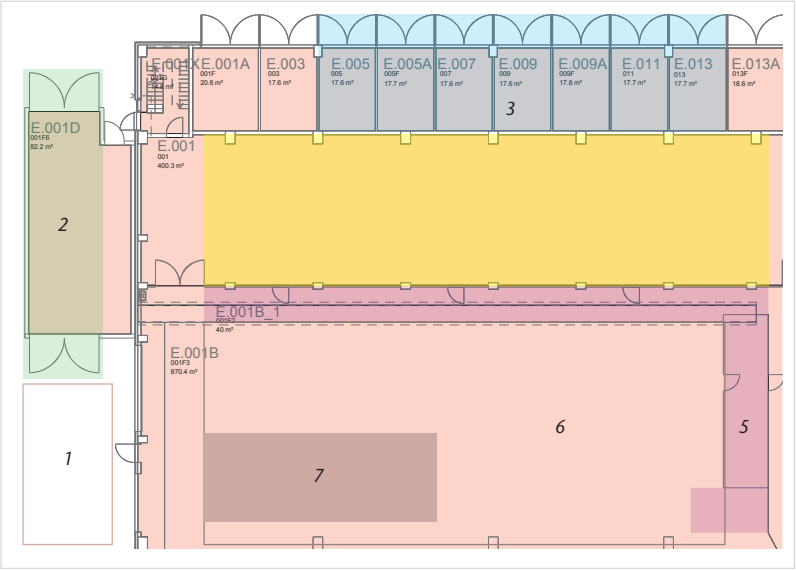


Bild 1:
Bereichsübersicht Prüffeld Bahnsysteme (Bilder 1, 3 bis 12: Autoren).



Bild 2:
Brennstoffzellenaufbau für das Fahrzeugprojekt *MIREO+H* (Bild [3]).

sämtliche Traktionsstromrichter, damit auch der Stromrichter *Mireo Plus H* für das gewählte Beispiel, der einzelnen Projekte aufgestellt.

Tabelle 1

Ausgewählte Fahrzeugprojekte und Fahrzeugplattformen, die im Prüffeld Bahnsysteme einem Systemtest unterzogen wurden.

Straßenbahnen und Stadtbahnen	*Avenio* S70 S200 San Francisco
Metros und U-Bahnen	*Inspiro MidCap* U-Bahn München C2 U-Bahn Nürnberg G1 London Underground
S-Bahnen und Regionalverkehrszüge	S-Bahn Zürich *Desiro City UK*
	S-Bahn Berlin *Desiro Mainline*/RER Brüssel *Desiro High Capicity*/RRX *Mireo, Mireo Plus B, Mireo Plus H*
Intercity- und Hochgeschwindigkeits-züge	*ICE4* *Velaro*
Lokomotiven	BR189/ES64F4 *Taurus/ES64U4* *Vectron* *Charger Dual Mode*

Bereich 2 zeigt die Klimaprüfkammer mit einer Nutzfläche von 32 m². Folgende Prüfgruppen aus DIN EN 60068 [4] werden abgedeckt:

- Kälte (DIN EN 60068-2-1 und 3-1),
- Trockene Wärme (DIN EN 60068-2-2 und 3-1),
- Temperaturwechsel (DIN EN 60068-2-14),
- Feuchte Wärme konstant (DIN EN 60068-2-78 und 3-4),
- Feuchte Wärme zyklisch (DIN EN 60069-2-30 und 3-4) sowie
- Feuchte Wärme zyklisch und anschließend Kälte zur Ermittlung der Wirkung zeitweiliger Eisbildung (DIN EN 60068-2-38 und 3-4).

Der einstellbare Temperaturbereich erstreckt sich von -40 °C bis +80 °C. Bei Temperaturen über 0 °C ist die relative Luftfeuchte zwischen 10 % und 98 % einstellbar.

Bild 3 zeigt einen in der Klimakammer durchgeführten automatisierten Dauertest. Der Fahrmotor wurde bei -25 °C Umgebungstemperatur bei 15 Zy-

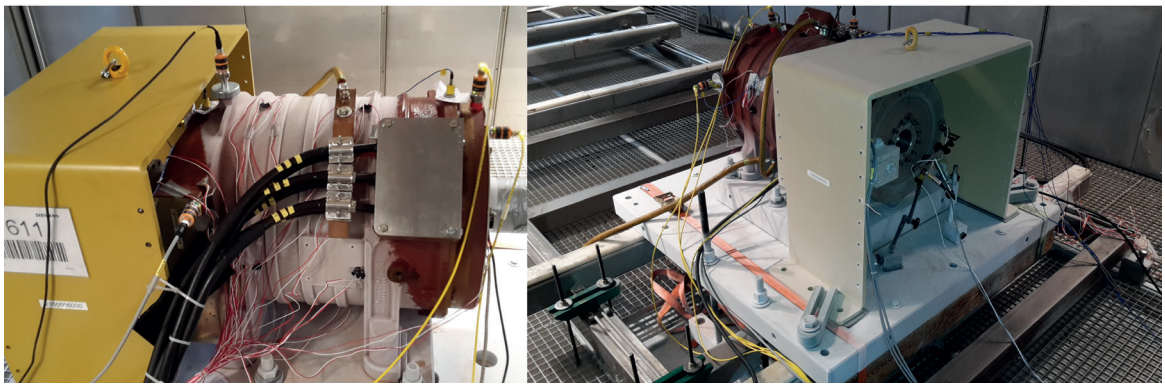


Bild 3:
Zyklischer Test eines Fahrmotors bei -25 °C Umgebungstemperatur.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

klen pro Tag über 1 000 Zyklen gefahren. Dies entsprach einer Gesamtprüfzeit von 67 Tagen. Dank der eingeführten digitalen Leit- sowie Bedien- und Beobachtungstechnik (siehe Kapitel 3 und 4 dieses Beitrags) können solche unbemannten Dauertests technisch sicher durchgeführt werden. Der Prüfer beziehungsweise Arbeitsverantwortliche kann sich jederzeit per Fernzugriff auf die Anlage schalten. Fehlermeldungen werden auf das Mobiltelefon des Arbeitsverantwortlichen geschickt.

Die Bereitstellung der Bahnsystemspannung gemäß IEC 60850 [5] erfolgt über die im Bereich 3 installierten Netztransformatoren, die primärseitig an das 20-kV-Mittelspannungssystem des Energieversorgungsunternehmens angeschlossen sind. Manche Transformatoren sind sekundärseitig mit mehreren Abgriffen ausgeführt, um unterschiedlich hohe Versorgungsspannungen zur Verfügung zu stellen. Damit erstreckt sich das 50-Hz-AC-Spannungsspektrum von 14,2 kV bis 31,5 kV. Das mittel- und nordeuropäische Netz mit AC 15 kV 16,7 Hz ist ebenfalls verfügbar. Die in [5] beschriebenen Gleichspannungen werden über die den Transformatoren nachgelagerten rückspeisefähigen Gleichrichtern [1; 2] zur Verfügung gestellt. So sind für DC-Systeme Systemspannung bis 4 kV verfügbar.

Bereich 4 kennzeichnet die Motorhalle, in der die projektspezifischen Antriebsaufbauten stehen. Unterschieden werden kann zwischen direkt gekuppelten Prüflings-Lastmaschinen-Anordnungen oder Antriebsanordnungen, bei denen Prüflinge mit Getriebe durch Lastmaschinen belastet werden.

Die Motorhalle dient auch den Typ- und Entwicklungsprüfungen von neuen Traktionsmaschinen für Kunden- und Entwicklungsprojekte [6]. Für diesen Prüfbetrieb stehen eigene festinstallierte Traktionsstromrichter mit verschiedenen Zwischenkreisspannungen bis 4 kV und Leistungen bis 1,6 MW zur Verfügung.

Beim Bereich 5 handelt es sich um eine aufgeständerte Leitwarte, in der Prüfingenieure und Prüfer die im Erdgeschoß aufgebauten Systeme beobachten und ansteuern. Von der Leitwarte aus hat man sowohl in die Motorhalle als auch in den Stromrichterbereich Einsicht.

Bereich 7 bildet als Hochspannungs- und Schallschutzkabine ein Teil des Stromrichterbereichs 6. Dort werden spannungs- und lärmabgeschottet von den anderen Bereichen in einem eigenen zwangsbelüfteten Raum für Wechselstrom-Projekte die Traktionstransformatoren samt Kühlanlage aufgestellt.

Neben eigen verwalteter Prüffeldinfrastruktur ist auch der Besitz eines eigenen umfangreichen Prüfmittelbestands elementar, um die parallel aufgebauten Prüfsysteme schnell mit der notwendigen Sensorik auszurüsten. So umfasst der Prüfmittelbestand mittlerweile eine beachtliche Bandbreite von mehreren 100-Nm- bis 20-kNm-Messwellen, die in unterschiedlicher Ausführung kompatibel zu den mechanisch einfach handzuhabenden Bogenzahnkupplungen, aber auch mit Lamellenkupplungen, montiert werden. Antriebe mit Drehzahlen bis zu 8 000 min^{-1} können damit gekuppelt und gemessen werden. Eine noch größere Anzahl an Volt- und Amperemetern bis AC 25 kV beziehungsweise DC 3 kA, die mit entsprechenden Messverstärkern und Multi-Kanal-Leistungsmessgeräten in Kaskade geschaltet werden, wie auch Mikrofone, Schwingungs- und Temperatursensoren samt Auswerteeinheiten komplettieren den Prüfmittelbestand.

Bild 4 zeigt beispielsweise den Aufbau einer Motormessung in der Motorhalle, bei der gleichzeitig Akustik, Schwingungen und Temperaturen des Motors aufgenommen werden. Der Aufbau ist mit Geräuschdämmmatten zur akustischen Isolierung ausstaffiert. Im Bild *rechts* dargestellt ist die engmaschige Schwingungssensor-Bestückung des Motorgehäuses. Zur Eliminierung von akustischen Störquellen erfolgt Einzelbetrieb in der Spätschicht.

3 Digitales und automatisiertes Prüffeld-Leitsystem

Im Rahmen einer umfassenden Prüffeldmodernisierung wurde in den vergangenen Jahren das komplette Steuerungs- und Leittechnikkonzept des Prüffeldes angepasst und modernisiert. Zielsetzung war der Austausch von analoger Signaltechnik mit digitaler Signaltechnik zwischen den einzelnen Prüffeldkomponenten wie Lastmaschinenstromrichtern, LabVIEW-Projektleitebene gemäß Kapitel 4 sowie Anlagensteuerung inklusive Leitsystem.

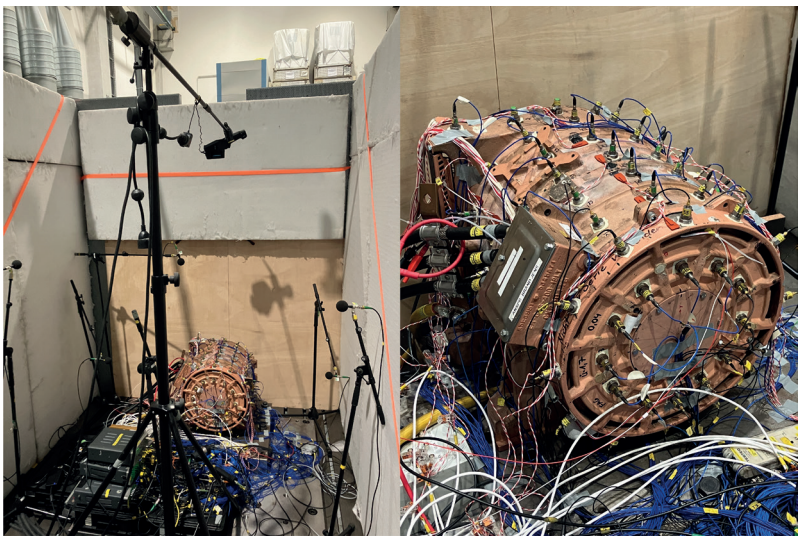


Bild 4:
Orientierende Schwingungs-, Akustik- und Temperaturmessung Fahrmotor in der Motorhalle.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

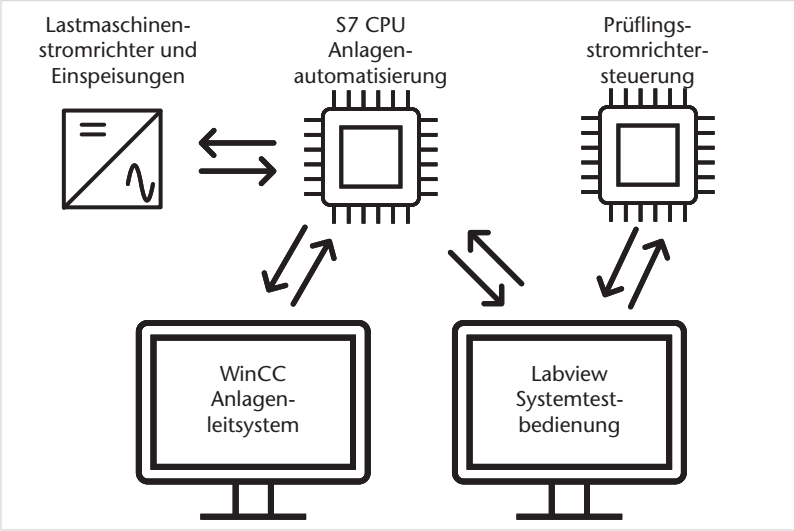


Bild 5:
Übersicht Prüffeldsteuerungskonzept: WinCC – LabVIEW - SPS – Stromrichter und Einspeisesteuerungen.

Hierzu wurde eine moderne Automatisierungssteuerung aus dem Haus Siemens eingesetzt und ein entsprechendes Siemens-WinCC-Leitsystem implementiert. Die Anlagensicherheit wurde durch Umsetzung eines zweikanaligen Abschalt- und Erfassungssystem gemäß Kategorie 3 nach DIN EN ISO 13849-1 [7] ebenfalls verbessert. Damit werden Einzelfehler wie beispielsweise Leistungsschalter- oder Türendschalterversagen von der Anlagensteuerung erkannt und führen nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.

Im Zuge dieser Modernisierung wurden neben einer Vielzahl von digitalen Werten auch mehr als 1 000 digitale, binäre Eingangssignale erfasst, welche dem Prüfer jederzeit einen Überblick über den Anlagenzustand ermöglichen. Hierbei werden Türen und weitere Sicherheitsfunktionen permanent überwacht und angezeigt. Im Auslösefall werden diese mit zugehörigen Zeitstempeln sowie entsprechender Meldungsklasse für den Bediener im Leitsystem visualisiert und archiviert. Die speicherprogrammierbaren Steuerungen kommunizieren über gängige Profinet- und Profibus-Industriebusse in der aktuellen Konfiguration ebenfalls mit den Lastmaschinenumrichtern sowie den Einspeisegleichrichtern und Spannungsquellen (Bild 5).

Über diese digitalen Kommunikationskanäle ist neben dem Austausch von binären Signalen auch die Übergabe von digitalen Werten wie Drehzahlen, Spannungen und Strömen realisiert, welche dem Anlagenbediener über das Leitsystem visualisiert werden (Bild 6).

Eine Archivierung der zeitlichen Verläufe stehen dem Anwender zur Bewertung des Anlagenverhaltens jederzeit zur Verfügung. Für umfassendere gesamtheitliche Aufbereitungen werden Aufzeichnungen mit zugeordnetem Zeitstempel ausgeleitet.

4 LabVIEW als Beobachtungs- und Bediensystem mit Anwendungsbeispielen

4.1 Konzept

Zur Bedienung und Beobachtung der individuell vielfältigen Prüfaufbauten wurde ein komplex-modulares LabVIEW-Projektkonzept, genannt *Masterprojekt*, geschaffen. Das Konfigurationsmanagement des Masterprojekts erfolgt über eine Git-Versionsverwaltung. Das LabVIEW-Programm interagiert mit

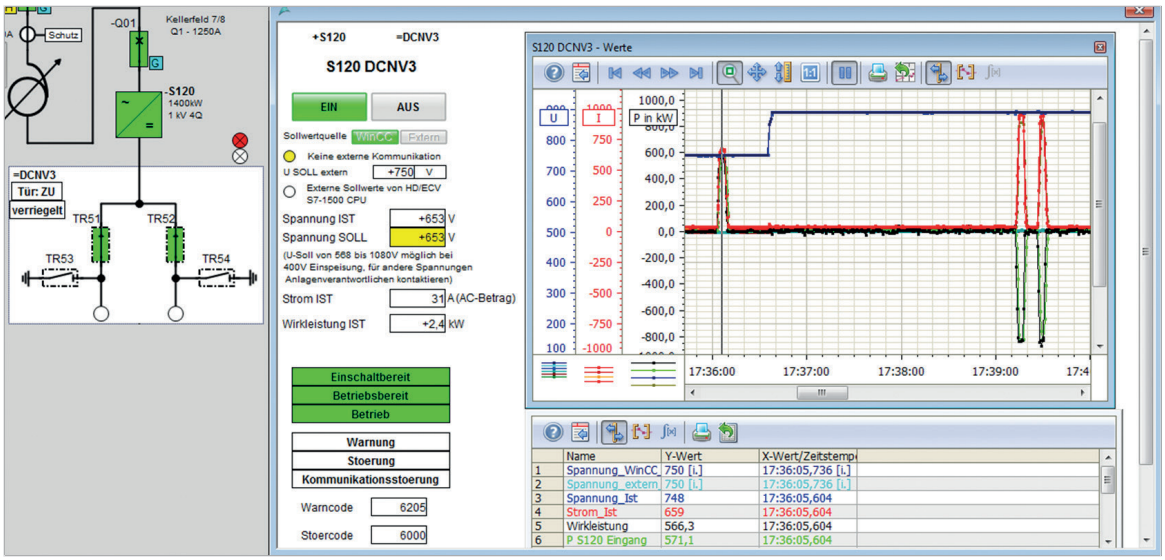


Bild 6:
Leitsystemausschnitt eines industriellen Einspeisegleichrichters mit zeitlichem Verlauf der Sollwerte und Messgrößen.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt © Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

den Prüffeld-Ressourcen gemäß Bild 5 sowie mit der im Prüffeld eingesetzten Messtechnik und bietet die Möglichkeit, die Ressourcen zu steuern, sowie deren Daten auszulesen, anzuzeigen und diese ebenfalls bei Wunsch zyklisch aufzuzeichnen.

Das modulare Konzept ermöglicht die projektspezifisch zusammengestellte Bereitstellung von Funktionsmodulen und prüfhaus- sowie projektspezifischer Bedienoberflächen. Der Funktions- und Anzeigeumfang wird durch eine auswählbare Basis-Konfiguration vorgewählt. Das Basis-Paket ist auf allen Prüffeld-LabVIEW-PCs, in der Regel ein PC pro Systemaufbau, installiert. Projektspezifische Funktionen können zusätzlich installiert werden. Der Prüfer hat darüber hinaus selbst zu verwaltende projektbezogene Konfigurationsmöglichkeiten ohne Support durch den zentralen LabVIEW-Administrator. Die final erstellte projektspezifische Konfiguration kann bei Bedarf auf einen anderen LabVIEW-PC per Generierung eines Setup-Installers durch einen Inno-Setup-Compiler übertragen werden.

Das Masterprojekt startet immer mit einer allgemein wiedererkennbaren Grundstruktur mit Basis-Bedienelementen und -Funktionalitäten wie zum Beispiel die doppelte Datenaufzeichnung. Hier steht eine Langzeit- sowie eine separate, automatisch retriggerbare Kurzzeitaufnahmefunktion bereit. Durch die projektspezifische Konfiguration werden die dafür benötigten zusätzlichen Bedien- und Beobachtungsseiten sowie Funktionsmodule geladen und dem Prüfer bereitgestellt.

4.2 Erfassung elektrischer Größen

Bei elektrischen Traktionssystemen steht die Verifizierung der elektrischen Kenngrößen im Fokus. Eine elektrisch-/mechanische Leistungsmessung, in Bild 7 anhand einer Motormessung in Aron-Schaltung verdeutlicht ‚wird mit einem *Virtual Instrument* (VI), in LabVIEW ein für den User sicht- und bedienbares Windows-Fenster mit programmatischer Funktion, übersichtlich dargestellt. Arbeitspunkteinstellung und Abfahren von Messpunkten sowie die Messdateneinsicht werden vereinfacht. Zusätzlich wird bereits ein Wirkungsgrad als Verhältnis von elektrischer zu mechanischer Leistung berechnet (direkte Leistungsmessung) sowie der Antriebszustand „Fahren“ oder „Bremsen“ ermittelt und angezeigt. Ebenso werden die einzelnen Phasenströme und -spannungen dargestellt. So kann der Prüfer direkt plausibilisieren, ob die Messtechnik korrekt angeschlossen und konfiguriert ist, der gewünschte Arbeitspunkt korrekt eingestellt ist und der Antrieb in der gewünschten Betriebsart läuft. Die Anzeigen von Spannung und Strom (umschaltbar auf Gesamt-Effektivwert oder Grundschwingungs-Effektivwert) sowie Drehzahl und Drehmoment inklusive deren Signal-

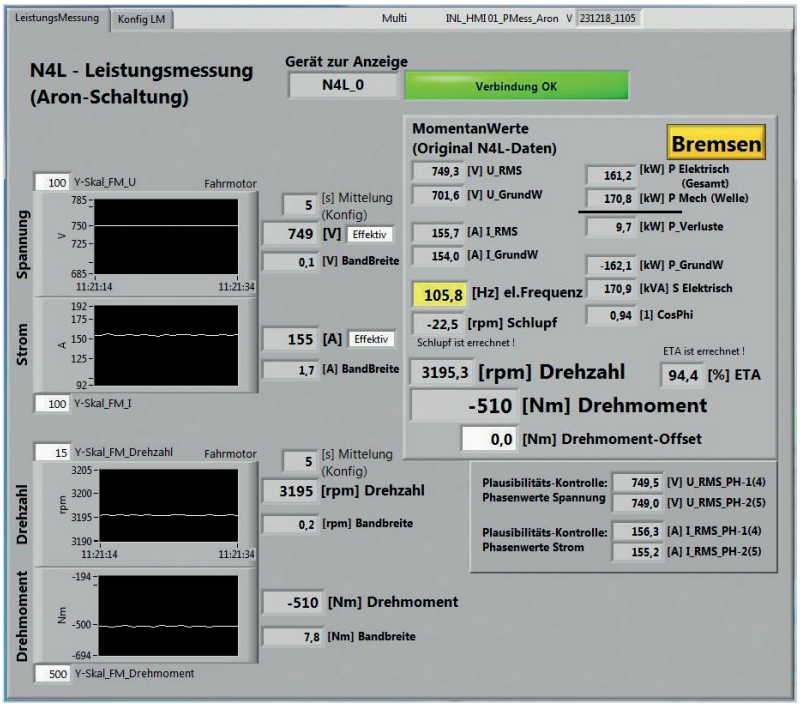


Bild 7:
VI-Leistungsmessung.

Bandbreiten im Anzeigebereich geben Auskunft über die Stabilität des eingestellten Arbeitspunkts.

Für die Messung der charakteristischen Kennlinien von Fahrmotoren gemäß IEC 60349-2 [8] beziehungsweise IEC 60349-4 [9], Kapitel 8.2, steht ein weiteres eigenständiges VI zur Verfügung. Durch Einlesen einer Auslegungsdatei mit definierten Betriebspunkten sowie Sollkurven kann die Tabelle Punkt für Punkt abgeprüft werden (Bild 8). Der Prüfer wählt einen der vordefinierten Betriebspunkte in der ihm angezeigten Tabelle per Mausklick aus, wie in Bild 8 die *grün* ausgewählte Zeile zeigt.

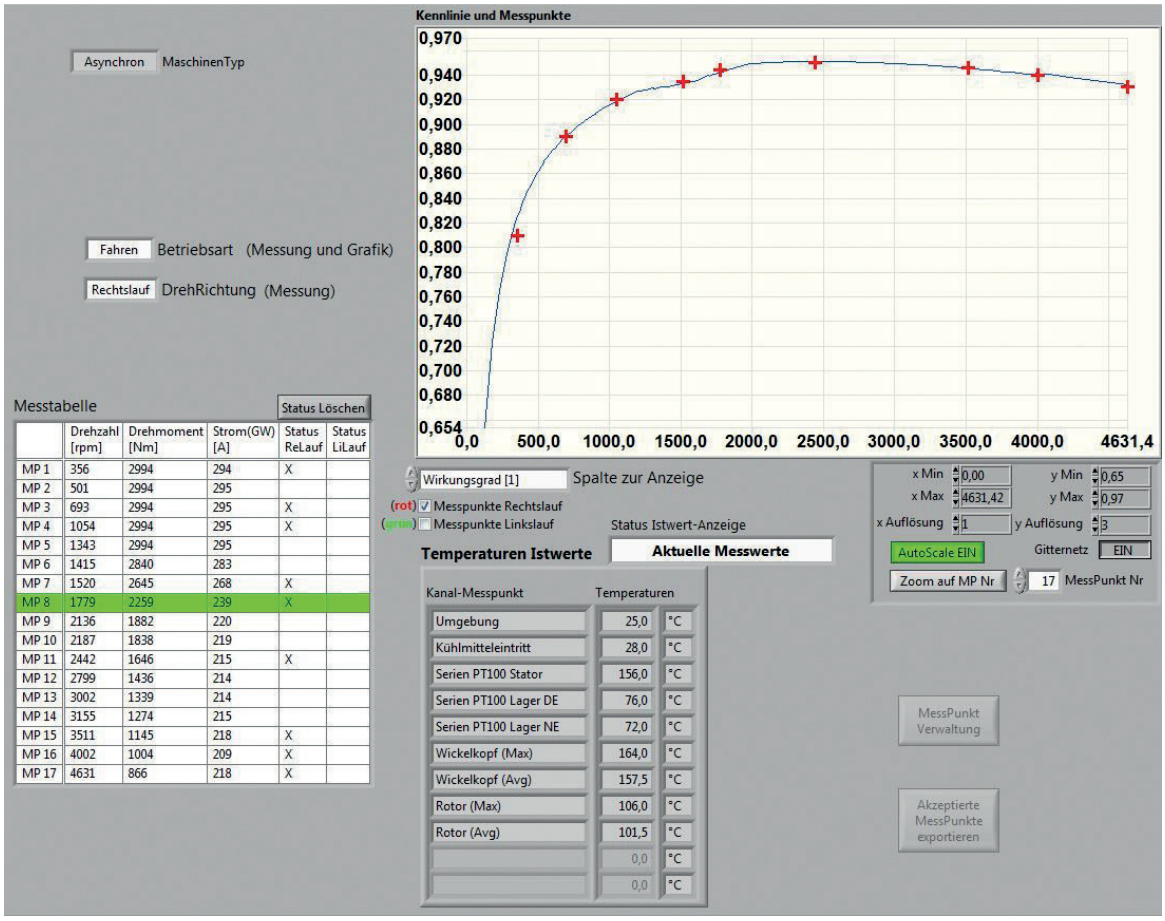
Bild 9 zeigt den weiteren Messablauf. Über eine weitere hier nicht dargestellte LabVIEW-Oberfläche wird der Betriebspunkt angefahren. Soll- und Istwerte des gewählten Messpunkts werden dem Prüfer zum Vergleich direkt numerisch dargestellt. Der Prüfer löst bei Übereinstimmung eine zeitlich fixierte Messdatenerfassung aus, die als Mittelwerte über den Messzeitraum angezeigt werden. Danach stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- Beibehaltung der Messdaten,
- nochmalige Messdatenerfassung ohne Betriebspunktanpassung oder
- Betriebspunkt anpassen beziehungsweise nachstellen und erneute Messdatenerfassung.

Bei Betriebspunkten hoher Last mit Gefahr einer Überhitzung des Motors kann der Betriebspunkt nach Erfassung der Messdaten verlassen werden. Der Zahlenvergleich „Soll zu Ist“ erfolgt danach.

Bei Übernahme der Messdaten wird, wie in Bild 8 *oben rechts* am Beispiel der grafischen Darstellung

Bild 8:
Charakteristische VI-Kennlinien.



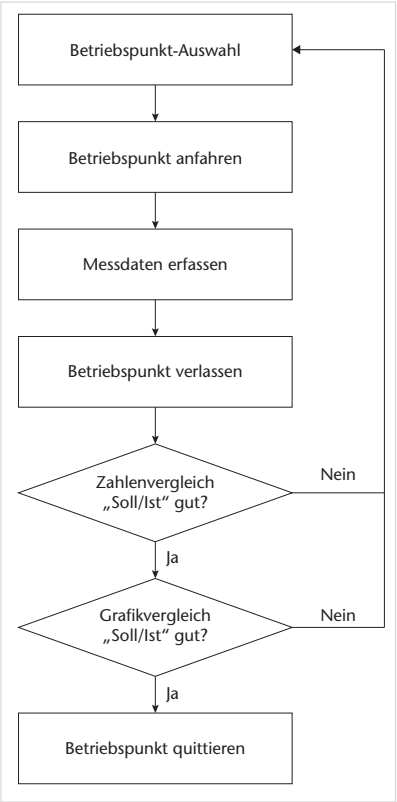


Bild 9:
Ablauf der Messpunkte charakteristische Kennlinien.

von Motorwirkungsgrad über Motordrehzahl in der Betriebsart „Fahren“ dargestellt, das Ergebnis als „*rotes* Kreuz“ visualisiert. Es können weitere Größen wie Temperatur, Spannung, Strom, Drehmoment, Ständergrundfrequenz und Schlupf visualisiert und verglichen werden. Wird in der Tabelle der Messpunkt mit „X“ als gültig erfasst, wird der dazugehörige Messdatensatz final abgespeichert. Passen die Werte bei der visuellen Überprüfung nicht, erfolgt eine erneute Betriebspunkteinstellung mit darauffolgender Messerfassung. Durch den zweistufigen Vergleichs-Ansatz „Zahlenvergleich“ und „Grafikvergleich“ gemäß Bild 9 wird bereits in der Prüfphase die Richtigkeit der Messergebnisse und damit die nachgelagerte Prüfberichtserstellung abgesichert.

Die vorgestellte automatisierte Sofortauswertung bringt damit erhebliche zeitliche, organisatorische bezüglich Prüfplatzbelegung und finanzielle Vorteile durch Minimierung von Wiederholungsprüfungen.

4.3 Temperaturerfassung

Neben der Erfassung der elektrischen und mechanischen Größen spielt das thermische Verhalten von Traktionskomponenten eine wichtige Rolle. Bild 10 zeigt eine VI zum Anzeigen von Temperaturen.

Vom Prüfer können in der Anzeige gemäß Bild 10 drei Temperaturmessdaten-Schreiber A, B, und C gekoppelt und deren Daten in der Übersicht zur Ansicht wie folgt frei konfiguriert werden:

- ein oder mehrere frei wählbare Temperaturkanäle auf einem Balkendiagramm,
- Anzeige von Maximal- und Mittelwert (bei mehreren Kanälen) und
- Balkenanzeige Minimum und Maximum mit konfigurierbarer Skalierung.

Des Weiteren können frei konfigurierbare Temperatur-Graphikanzeigen gemäß Bild 11 geöffnet und konfiguriert werden. So ist während des Prüfbetriebes ein zeitlicher Verlauf ausgewählter Temperaturkanäle verfolgbar, wie es zum Beispiel bei Wärmeläufen erforderlich ist.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG
Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt

Im Allgemeinen müssen Wärmeläufe bis zur thermischen Beharrung gefahren werden. Hierzu steht ein weiteres VI zur Verfügung, welches bis zu 60 Temperaturkanäle in Relation zu den Einluft- beziehungsweise Kühlwassereintrittstemperaturen stellt und die Temperatur-Stundendeltas eines jeden Kanals graphisch darstellt. Anhand der bereits erfassten Werte werden Trendlinien vorausberechnet, auf denen sich bei einem weiteren stabilen Verlauf die gemessenen Temperaturen bewegen sollten. Damit erkennt der Prüfer schnell einen sich destabilisierenden Wärmeverlauf.

4.4 Systemtest

Systemtestaufbauten, wie in der IEC 61377 [10] beschrieben, werden in der Bedienung ebenfalls vom LabVIEW-Masterprojekt abgedeckt (Bild 12).

Der Prüfer schaltet über das in Bild 12 dargestellte „Bedienpult“ die Anlage ein und aus. Rückmeldungen wie

- Netzspannungshöhe,
- Schaltzustand des Hauptschalters,
- Zwischenkreisvorladung,
- Netzstromhöhe,
- Fahr- oder Bremsbetrieb und
- Drehmoment- und Geschwindigkeitsanzeige

erlauben eine schnelle Diagnose des Anlagenzustands. Die in den vorigen Kapiteln vorgestellten VIs, wie das VI Temperatur-Übersicht gemäß Bild 10, können entweder direkt in das „Bedienpult“ aufgenommen (*unterer* Bereich in Bild 12) oder über separate Reiter in der vorab notwendig angepassten Form ausgewählt werden.

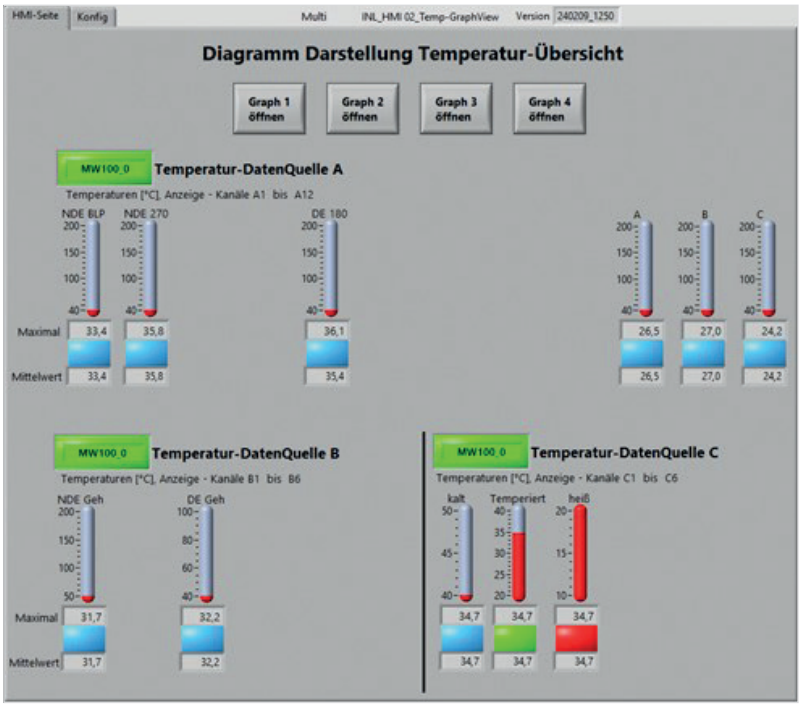


Bild 10:
VI-Temperatur – Übersicht.

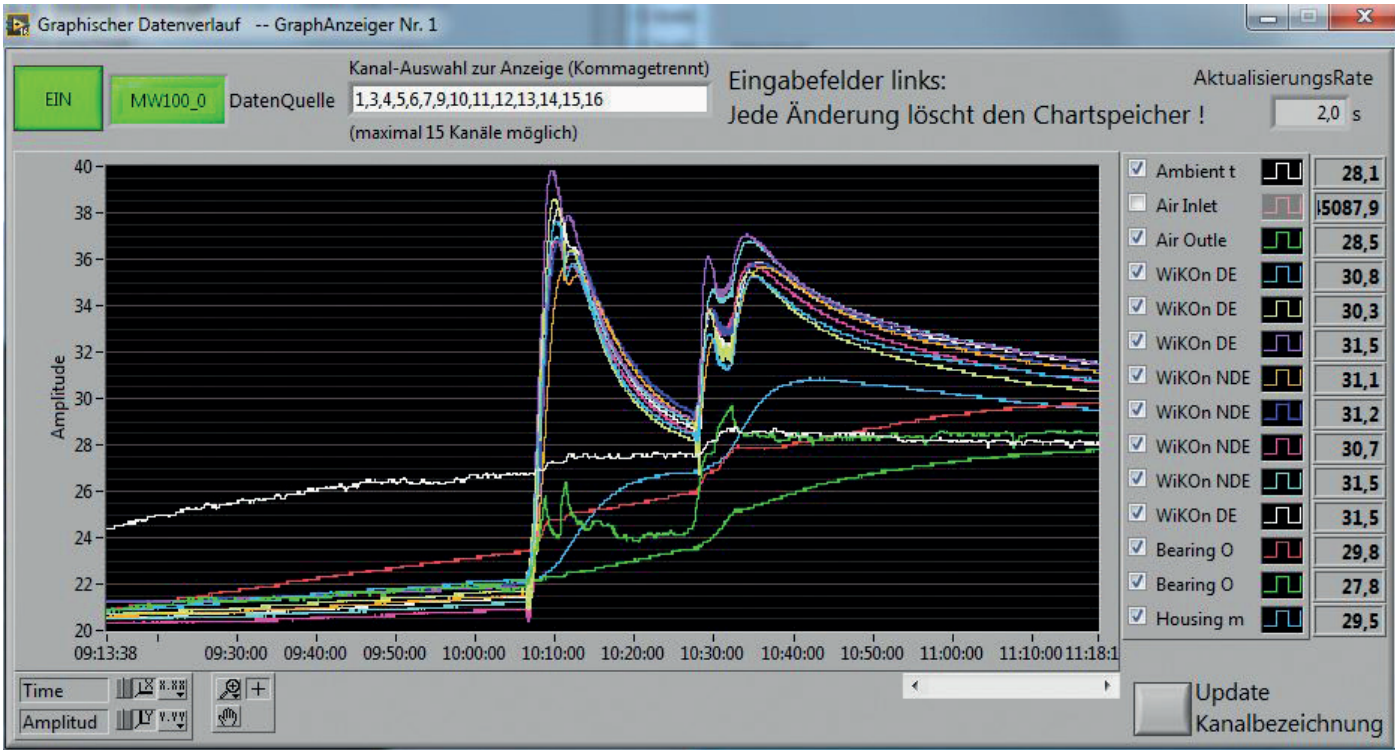


Bild 11:
Temperaturverläufe eines Dauerlaufs.

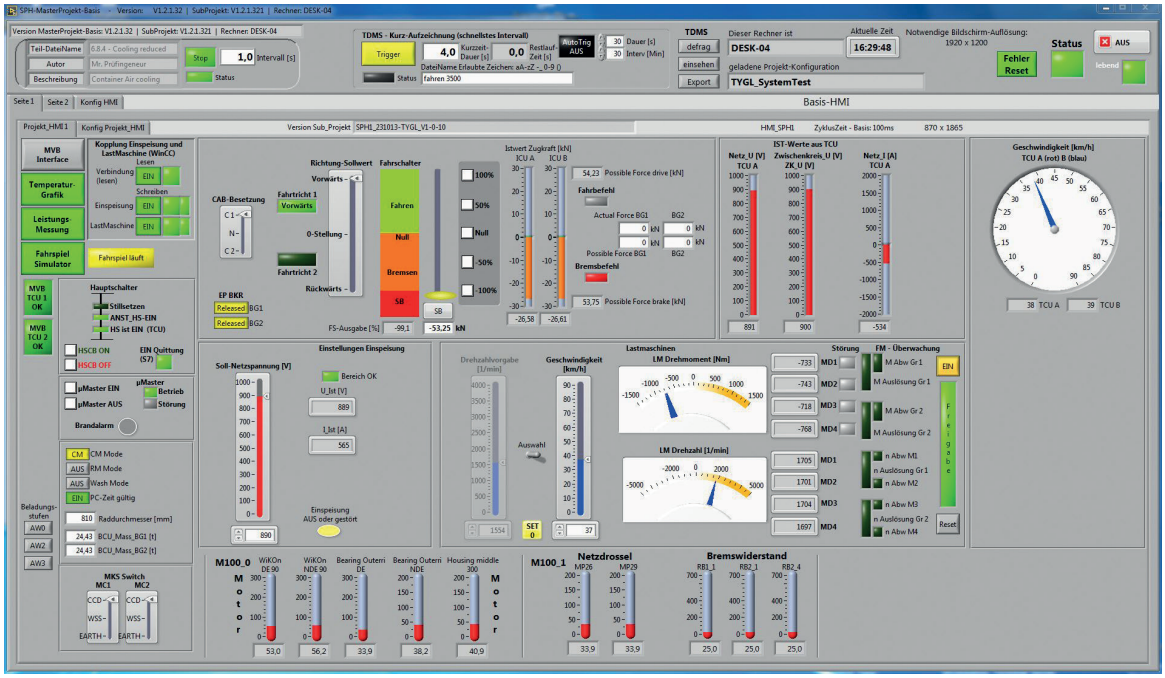


Bild 12:
VI-„Bedienpult“ eines Systemtests.

4.5 Universaleinsatz des LabVIEW-Masterprojekts

Mit dem *Masterprojekt* steht ein Bedien-Beobachten-Werkzeugkasten bereit, der mittlerweile für nahezu jeden Prüfaufbau im Prüffeld Bahnsysteme eingesetzt wird. Der Grad an Code-Wiederverwendbarkeit ist maximiert und Signallaufzeiten sind optimiert. Programmkomponenten, die identische Prüfhausressourcen, mehrfach vorhandene Messtechnik oder Kommunikationsschnittstellen wie zum Beispiel den CAN- oder MVB-Datenbus betreffen, sind nur einmalig programmiert vorhanden. Wenn nötig, werden die Programmkomponenten in multiplen Programminstanzen ausgeführt und durch die Basiskonfiguration dem Projekt bei Bedarf bereitgestellt. Ihr Code liegt in der masterprojekteigenen Programmbibliothek für alle Projekte verfügbar bereit. Der projektspezifische Programmcodeumfang wird nach Abschluss eines Tests separat archiviert.

Codeaktualisierungen erfolgen zentral und stehen nach erfolgreicher Kompilierung jeder projektspezifischen Anwendung zur Verfügung, sofern aktiviert. Jede projektspezifische Neuerung, die zukünftigen Systemtests zuträglich sein könnte, wird als neuer Baustein aus dem Projekt in die Masterprojekt-Bibliothek umgezogen und bleibt zentral erhalten.

Programmierung, Migrationstests und finale Versionsfreigaben haben durch die durchdachte Programmcode-Modularisierung in ihrem Arbeitsablauf und -aufwand einen sehr hohen Optimierungsgrad erreicht. Ein umfangreiches Handbuch beschreibt alle Masterprojekt-spezifischen Komponenten, Bedienmodule sowie Basisfunktionen und vervollständigt die optimierte Benutzerfreundlichkeit für die Anwender.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Prüffeld Bahnsysteme der Siemens Mobility GmbH wurden in den vergangenen 15 Jahren die Prüfmöglichkeiten von Traktionssystemen deutlich erweitert. Dies geschah aufgrund technischer Innovationsschübe sowohl in der Antriebstechnik als auch in der Prüftechnik. Zusätzlich forderte die zunehmende Wichtigkeit von Nachhaltigkeit und aktuellen Normanforderungen, wie die der einschlägigen Technischen Spezifikationen Interoperabilität, zusätzliche Prüfmöglichkeiten. Ergebnis dieser Anstrengung ist die moderne Steuerungstechnik und Prüfautomatisierung sowie erhöhte Betriebssicherheit.

Diese Portfolioerweiterung bedarf eines interdisziplinär arbeitenden Personalstamms, um den diversen Anforderungen gerecht zu werden. Die vorhandene technische Expertise im eigenen Haus wird durch eine von der Deutschen Akkreditierungsstelle überwachte Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 [11] untermauert.

Die Planung für die kommenden Jahre beinhaltet weitere wegweisende Modernisierungsschritte hinsichtlich Erhöhung der Einspeiseleistung und kontinuierlichen Ausbau der Automatisierungstechnik.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

Literatur

[1] *Achenbach, E.*: Systemversuchsstände für elektrische Antriebskomponenten von Nah- und Fernverkehrs-Schienenfahrzeugen. In: ZEV+DET Glasers Annalen 116 (1992).

[2] *Achenbach, E.; Brauer, M.*: Systemprüfhaus Nürnberg für die Antriebstechnik von Bahnfahrzeugen. In: Elektrische Bahnen 121 (2007), H. 1-2, S. 296–304.

[3] *Eckert, P.; Papaiordanidis, N.*: Wasserstoffbetriebener Regionalzug *Mireo Plus H*. In: Elektrische Bahnen 119 (2021), H. 3, S. 110–114.

[4] Normengruppe EN 60068: Umgebungseinflüsse.

[5] IEC 60850:2014: Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen.

[6] *Körner, O.; Schmidt, D.; Wetzel, W.*: Energy efficient propulsion technology based on permanent magnet synchronous motors. In: Elektrische Bahnen 121 (2023), H. 7-8, S. 296–304.

[7] EN ISO 13849-1:2023: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen.

[8] IEC 60349-2:2010: Elektrische Zugförderung – Drehende elektrische Maschinen für Bahn- und Straßenfahrzeuge – Teil 2: Umrichtergespeiste Wechselstrommotoren.

[9] IEC 60349-4:2010: Elektrische Zugförderung – Drehende elektrische Maschinen für Bahn- und Straßenfahrzeuge – Teil 2: Umrichtergespeiste Synchronmaschine mit Permanentmagneterregung.

[10] IEC 61377:2016: Bahnanwendungen – Bahnfahrzeuge – Kombinierte Prüfverfahren für Traktionssysteme.

[11] EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

Autoren



B. Eng. Andreas Heid (40), Ausbildung zum Energieelektroniker und Studium Automatisierungs- und Energietechnik an der Georg-Simon-Ohm Hochschule Nürnberg; ab 2011 beschäftigt bei der Siemens AG als Ingenieur im Bereich Prüffeld- und Anlagenplanung, Softwareerstellung und Inbetriebnahme; seit 2018 Anlagenverantwortlicher im Prüffeld Bahnsysteme der Siemens Mobility GmbH.

Anschrift: Siemens Mobility GmbH, Vogelweiher Straße 1-15, 90441 Nürnberg, Deutschland;
Fon: +49 173 9756722;
E-Mail: heid.andreas@siemens.com



Dr.-Ing. Olaf Körner (55), Studium Allgemeiner Maschinenbau an der TU Darmstadt; von 1998 bis 2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für elektrische Energiewandlung der TU Darmstadt; ab 2003 beschäftigt bei der Siemens AG im Bereich Large Drives, R&D Traktionsmaschinen; seit 2007 Gruppenleiter, später Abteilungsleiter R&D Traktionsmaschinen bei der Siemens Mobility GmbH.

Anschrift: wie oben;
Fon: +49 172 3254417;
E-Mail: olaf.koerner@siemens.com



Dr.-Ing. Armin Rastogi (48), Studium Allgemeine Elektrotechnik an der TU Darmstadt; von 2002 bis 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Elektrische Energiewandlung der TU Darmstadt; ab 2007 beschäftigt bei der Siemens AG als Entwicklungsingenieur für mobile Bahn-Energiespeicher; seit 2015 Prüffeldleiter im Prüffeld Bahnsysteme der Siemens Mobility GmbH.

Anschrift: wie oben;
Fon: +49 152 22614673;
E-Mail: armin.rastogi@siemens.com



Dipl.-Ing. (FH) Bernd Sauer (51), Ausbildung zum Energieelektroniker im DB-Betriebswerk Offenburg und Studium Elektrische Energie- und Automatisierungstechnik an der FH Konstanz; ab 2000 beschäftigt bei der Siemen AG in den Bereichen Fahrzeugzulassungsfahrten, Service von Steuerungs- und Antriebstechnik und Projektierung von Traktionsstromrichtern; seit 2016 Prüfingenieur mit Schwerpunkt Steuerungssoftware im Prüffeld Bahnsysteme der Siemens Mobility GmbH.

Anschrift: wie oben;
Fon: +49 172 5473970;
E-Mail: bernd.sauer@siemens.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt
© Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG