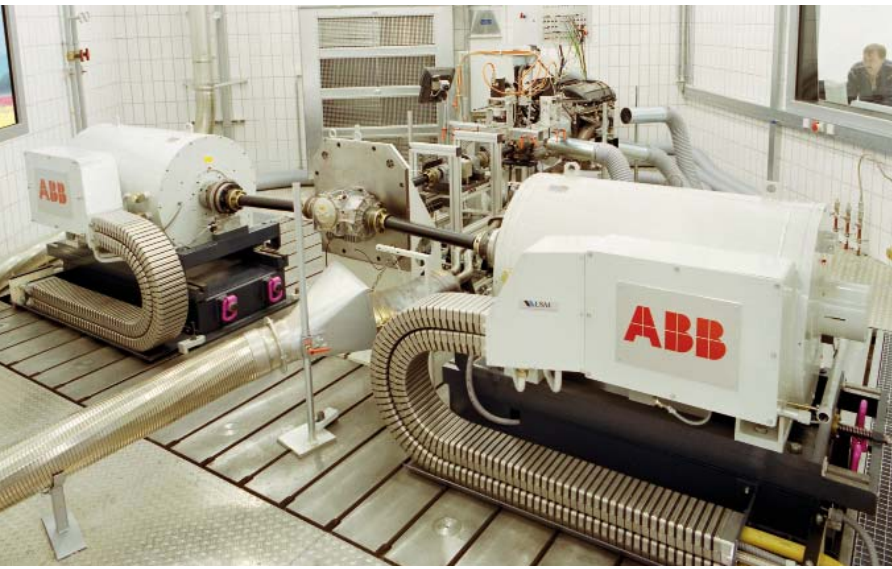


ANTRIEBSLÖSUNGEN FÜR PRÜFSTÄNDE

# High End der Antriebstechnik

## Engine Torque Pulse Simulation



—  
01 Beispiel:  
Konventionelle Getriebe-  
prüfstände mit ver-  
brennungsmotorischem  
Antrieb bieten sich für  
Upgrades mit elektrischer  
Eintriebsmaschine und  
Verbrennungsmotor-  
simulation an

Energieeffizienz und Fahrkomfort sind Anforderungen, die die Automobilindustrie in wachsendem Maß erfüllen muss. Dabei baut sie auf neue Antriebsstrangkonzeppte mit innovativen Getriebetechnologien wie Doppelkupplungsgetrieben. Diese beruhen auf funktionaler Interaktion und intensivem Datenaustausch mit den Steuergeräten der übrigen Komponenten des Fahrzeugantriebsstrangs, insbesondere dem des Verbrennungsmotors.

Neben modernen EDV-gestützten Entwicklungs- und Simulationstools bedarf die Entwicklung neuer Antriebsstrang- und Getriebekonzeppte in der Regel der versuchstechnischen Begleitung. Fahrversuche in einem realen Fahrzeug sind allerdings nur begrenzt möglich.

Aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen, aber auch wegen der notwendigen Reproduzierbarkeit, werden überwiegend Versuche und Messreihen auf Entwicklungsprüfständen gefahren. Dynamisch genutzte Getriebeprüfstände sind oft so konzipiert, dass Originalverbrennungsmotoren aus Fahrzeugmodellen (Serie oder Prototyp) auf dem Prüfstand installiert und als Eintriebsaggregate für die Getriebeprüfung genutzt werden.

Hochdynamische Antriebsapplikation mit Engine Torque Pulse Simulation (ETPS) an Antriebsstrang- und Getriebeprüfständen.

Anstelle der originalen Fahrzeugräder werden allerdings umrichtergergelte Belastungsaggregate angekuppelt, mit denen die Fahrzeugmasse und die Straßenlast in Verbindung mit dynamischen Fahrprofilen simuliert werden.

Der Innovationsdruck ist hoch, die Fahrzeuge, ihre Getriebe und Antriebsstränge werden immer komplexer: Getriebeentwicklungen und deren Prüfläufe müssen daher oft zu einem Zeitpunkt laufen, in dem das Verbrennungsmotoraggregat selbst noch im Entwicklungsstadium ist.

**Diese und viele weitere Gründe sprechen dafür, Getriebe- und Antriebsstrangprüfstände voll zu elektrifizieren und auch den realen Verbrennungsmotor durch einen trägheitsarmen elektrischen Antrieb mit Verbrennungsmotorsimulation zu ersetzen.**

Hierdurch können die aufwendige Infrastruktur und die gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen für den Betrieb von Verbrennungsmotoren entfallen. Außerdem kann ein Energieverbund zwischen Eintriebs- und Belastungsmaschinen innerhalb der Umrichteranlage hergestellt werden: Mit deutlicher Energieeinsparung.

### Simulation des Verbrennungsmotors (ETPS)

Ein deutlich höherer Grad an Flexibilität des Prüfstands ist dadurch gegeben, dass unterschiedliche Motortypen (Diesel oder Otto) mit unterschiedlichen Zylinderzahlen und Kenndaten durch entsprechende Parametrierung nachgebildet werden. Nun ist das abgegebene Drehmoment des Verbrennungsmotors stark von den typischen Oberwellenmomenten geprägt, die durch die Zündung der Zylinder verursacht werden und abhängig von der Zylinderzahl und anderer Parameter entstehen. Eine wesentliche Anforderung an die Simulation ist deshalb die realitätsnahe Nachbildung dieser typischen Oberwellenmomente, die bis in einen Frequenzbereich von über 300 bis 400 Hz reichen können.

### Für ABB war das Ziel, ein flexibel und anwenderfreundlich parametrierbares Motorsimulationsmodell zur Verfügung zu stellen.

Es sollte mit umfänglichen verbrennungsmotor-spezifischen Parametriermöglichkeiten ausgestattet sein, die hohen Ansprüchen gerecht werden. Oft stehen dem Anwender im Entwicklungsstadium nicht alle relevanten Motorparameter zur Verfügung. Deshalb sollten diverse Möglichkeiten der vereinfachten Parametrierung vorgesehen werden, um mit minimiertem Parametersatz dennoch eine geeignete Simulationsgenauigkeit realisieren zu können.

Ein entsprechendes Verbrennungsmotormodell mit flexiblen Parametriermöglichkeiten hat ABB in

Kooperation mit dem Institut für Automatisierungstechnik und Mechatronik (IAT) der Technischen Universität Darmstadt entwickelt.

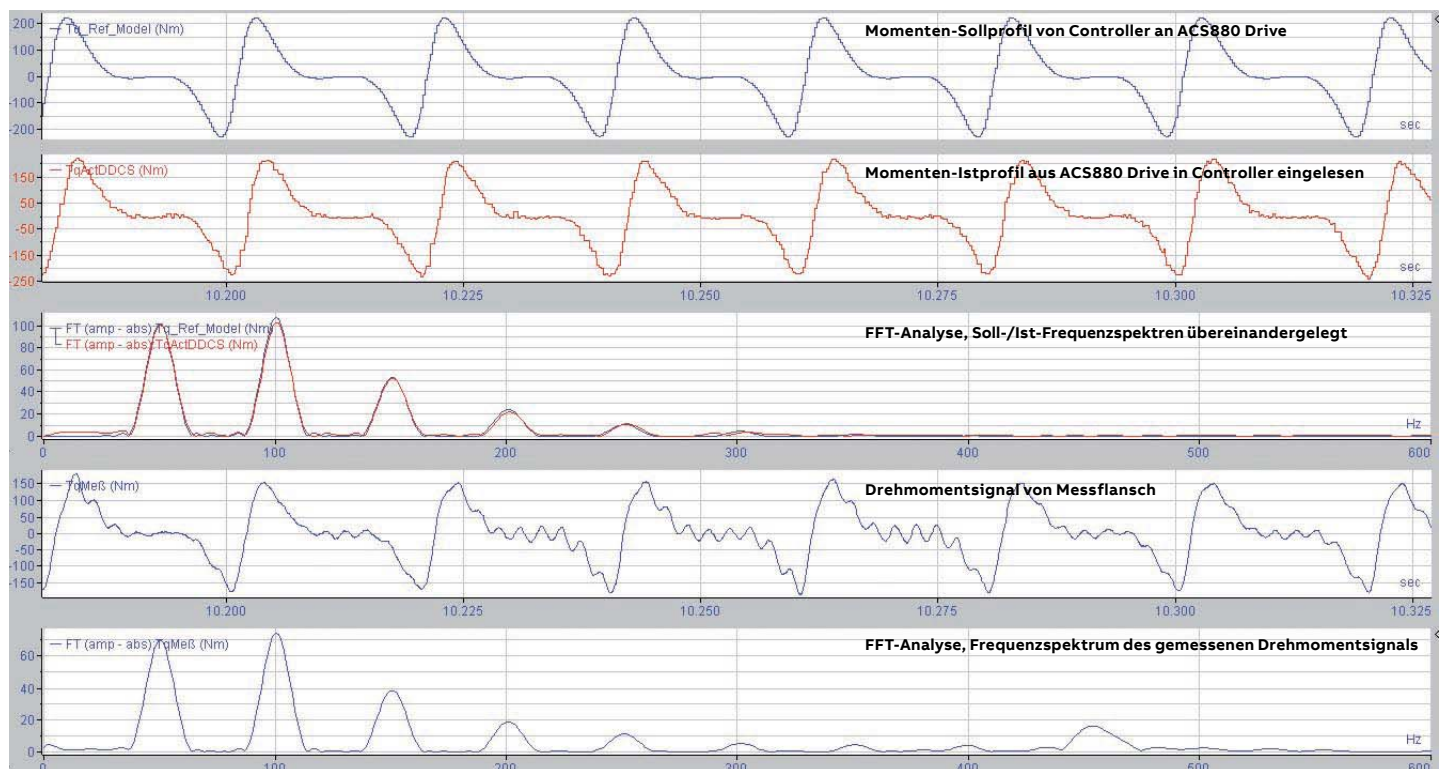
Die Simulation des Verbrennungsmotors mit seinen mechanischen und verbrennungstechnischen Eigenschaften (u. a. Anzahl der Zylinder, Hubraum, Verdichtung, Zündung) erfolgt mittels eines hochdynamischen elektrischen Antriebs auf Basis einer hochtourigen Umrichtermaschine mit maximaler Leistungsdichte und extrem geringem Massenträgheitsmoment. Die besondere Anforderung für den Umrichter besteht darin, diese hohen Frequenzanteile in der vorausberechneten Amplitude dem Luftspaltmoment der E-Maschine einzuprägen.

### Hervorragende Simulationsergebnisse

Am Prüfstand erzielte Drehmomentverläufe zeigen hohe Übereinstimmung, sowohl mit denen weit komplexerer Motormodelle, als auch mit denen aus Validierungsmessungen an realen Verbrennungsmotoren. Ein Beispiel für einen 4-Zylinder-Dieselmotor bei 1500 Upm dokumentiert der nachfolgende Plot (Bild 01) mit Soll-/Istverläufen und FFT-Analysen.

Für diese hohen Dynamikanforderungen kommt die neue Generation der ABB-Frequenzumrichter ACS880 zum Einsatz. Sie zeichnet sich aus durch das weiterentwickelte Regelverfahren Direct Torque Control sowie schnellere Signalverarbeitung und höhere Schalt- und Ausgangsfrequenzen.

01 Simulationsergebnisse für 4-Zylinder-Dieselmotor  
Zeitachse: 25 ms/div.



Die Algorithmen für die Verbrennungsmotorsimulation werden auf einem modernen ABB-Controller AC 800PEC gerechnet, einem der leistungsstärksten modularen Controller für sehr schnelle Regelungsanwendungen, der den hohen Echtzeitanforderungen mit Abtastfrequenzen von über 4 kHz gerecht wird. Seitens der Mechanik ist die Wellenverbindung zum Prüfling konstruktiv so zu optimieren, dass das erzeugte Momenten-Frequenzspektrum übertragen wird und in der vorausberechneten Amplitude am Prüflingseingang zur Verfügung steht.

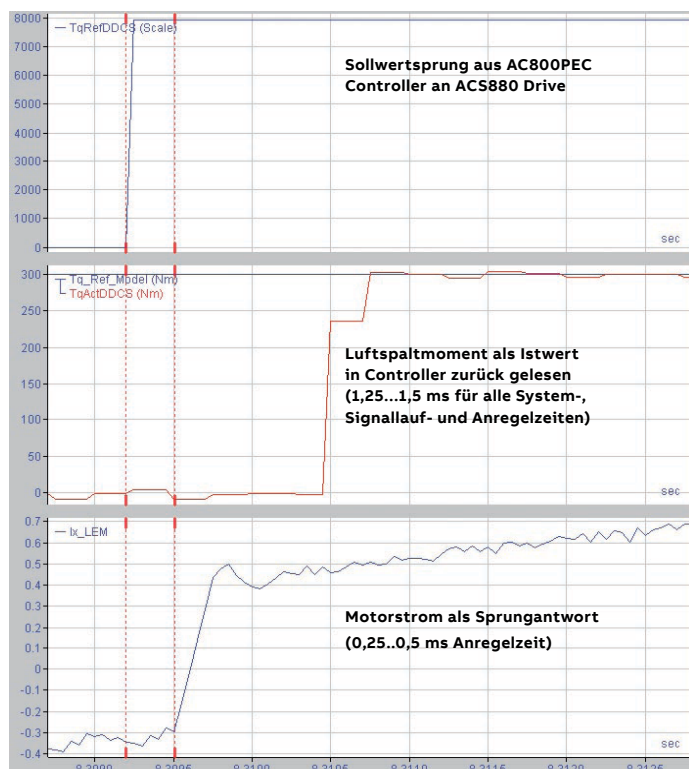
#### Das Modell beinhaltet prinzipiell folgende Funktionen:

- Berechnung des mittleren Drehmoments in Abhängigkeit von Drehzahl und Drosselklappenstellung
- Überlagerung eines mittelwertfreien Pulsationsmomentes (Oberwellenmoment)
- Simulation der Massenträgheit des Verbrennungsmotors
- Sollwerte und Steuersignale werden vom AC 800PEC über eine schnelle DDCS-Busverbindung (Optical Link) zum Frequenzumrichter übertragen

#### Hochdynamischer Antrieb

Wie in dem nachfolgenden Plot (Bild 01) anhand eines 0-300 Nm Sollwertsprungs dokumentiert, spiegeln Anregelzeiten < 0,5 ms die Performance des DTC-Verfahrens und dessen besondere Eignung für ETPS-Anwendungen wieder.

—  
02 Sollwertsprung und Sprungantwort bei 1000 U<sub>pm</sub>  
Zeitachse: 0,5 ms/div.  
—  
03 ACS880 mit DTC-Regelverfahren für höchste Ansprüche



#### Energie sparen und Kosten senken

Gegenüber konventionellen Getriebeprüfständen mit realem Verbrennungsmotor bietet der Prüfstand mit ETPS für unsere Kunden zahlreiche Vorteile. Getriebe und Antriebsstränge können ohne Abhängigkeit vom Entwicklungsfortschritt des zugehörigen Verbrennungsmotors geprüft werden. Der Prüfstand hilft, den Entwicklungsprozess zu optimieren und ermöglicht frühe Entwicklungstests unter realistischen Umgebungsbedingungen und damit eine erhöhte Prüfqualität. Über das skalierbare elektrische System lassen sich zudem diverse Prototypen von Verbrennungsmotoren einsparen. Weitere Kosteneinsparungen ergeben sich bei der Prüfstandsinfrastruktur, der Versorgungstechnik, sowie durch die deutlich verbesserte Gesamtenergiebilanz.

#### ACS880 – Neue Frequenzumrichtergeneration

Der ACS880 ist der erste Frequenzumrichter, der auf der neuen Antriebsarchitektur von ABB aufbaut. Bereits das Grundgerät erfüllt die meisten technischen Anforderungen, kann aber durch zahlreiche Optionen ab Werk erweitert werden. Die neue Generation ist deutlich kleiner als ihr Vorgänger. Der ACS880 zeichnet sich durch einfaches Handling und intuitive Bedienung mit einem Komfortbedienpanel mit großem, hochauflösendem Display aus.

—  
**Weitere Infos unter [www.abb.de/drives](http://www.abb.de/drives)**



---

**ABB Automation GmbH**  
**Antriebs- und Prüfstandsapplikationen**  
Kallstadter Straße 1  
68309 Mannheim, Deutschland  
Tel.: +49 621 381-7157  
test.systems@de.abb.com

**[www.abb.com/test-systems-drive-solutions](http://www.abb.com/test-systems-drive-solutions)**

---

Technische Änderungen der Produkte sowie Änderungen im Inhalt dieses Dokuments behalten wir uns jederzeit ohne Vorankündigung vor. Bei Bestellungen sind die jeweils vereinbarten Beschaffenheiten maßgebend. ABB übernimmt keinerlei Verantwortung für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten in diesem Dokument. Wir behalten

uns alle Rechte an diesem Dokument und den darin enthaltenen Gegenständen und Abbildungen vor. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhaltes – auch von Teilen – ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch ABB verboten. Copyright © 2017 ABB  
Alle Rechte vorbehalten.