



VDI-Fachtagung

# Testen und Validieren elektrischer Antriebsstränge 2024

## Die Top-Themen:

- KI-basierte Testing-Methoden
- Testen am Prüfstand
- Innovative Messtechnik
- Virtuelles Testen
- Messunsicherheit beim Testen
- Battery Testing

## Tagungsleitung

**Dr.-Ing. Henning Baumgarten**, Global Vice President Gasoline, FEV Group GmbH, Aachen

**Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter**, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Technische Hochschule Aschaffenburg

+ **buchbarer Spezialtag**  
Parameterbestimmung zur Wirkungsgrad-Optimierung elektrischer Antriebe

+ „Speed-Dating“ in der Fachausstellung

## Mit aktuellen Vorträgen von:

APL | ASAP Electronics | AVL List | AVL SET | Contech Software & Engineering | FEV Europe | FKFS – Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart | Hochschule Aalen | Hottinger Brüel & Kjaer | IAV | imx Solutions | InfiMOTION | Technische Hochschule Aschaffenburg | Technische Hochschule Nürnberg | Technische Universität Braunschweig | TraceTronic



## 1. Veranstaltungstag Dienstag, 16. April 2024

### 09:30 Begrüßung und Eröffnung

**Dr.-Ing. Henning Baumgarten**, Global Vice President Gasoline, FEV Group GmbH, Aachen  
**Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter**, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Technische Hochschule Aschaffenburg

### 09:35 InfiMotion Validation Approach By Virtual and Physical Testing

- Development from traditional bottom-up development, testing and validation to a front-loaded, customer-oriented top-down methodology
- Introduction of a system engineering process with a strong focus on requirements and decomposition of the customer into systems, subsystems and components
- Frontloading and application of computer-aided (virtual) development methods

**Henrik Dhejne**, Director Business Development – EDU Systems, Dr. Simon Klacar, InfiMotion Technology Europe AB, Gothenburg, Sweden

10:15



### „Speed-Dating“ und Vorführungen in der Ausstellung



### 10:45 Kaffeepause mit Besuch der Fachausstellung



### KI-basierte Methoden im Testing

**Moderation: Dr.-Ing. Jörg Müller**, Head of Department Powertrain Configuration, IAV GmbH, Stollberg

### 11:15 Mit Engineering-KI robuste E-Powertrain-Produkte entwickeln – testbasierte Methode zur Produktoptimierung und Absicherung mit Praxisbeispiel und KI-Live-Vorführung

- Methode zur Identifizierung der relevanten Messdaten und Engineering-KI-System zur Auswertung der Testpläne über eigene, standardisierte IoT-Datenstruktur
- Errechnung des Best Settings zur Parametrierung und Tolerierung durch Engineering-KI
- Absicherung der Produktfunktionalität und Prozessfähigkeit ab Prototypenphase, da die innovative KI nur wenige Anlernstichproben benötigt
- Kürzere Entwicklungszeiten, verbesserte Qualität und Wirkungsgrad, Praxisbeispiel: NVH/Akustik

**Dipl.-Ing. (FH) Frank Thurner**, CEO Leiter Digitalisierung & Engineering-KI, Contech Software & Engineering GmbH, Fürstfeldbruck

### 11:45 KI-basierte Analyse von Flottendaten mit Fokus auf dynamisches Verhalten und Alterungseffekte

- Dynamische, datenbasierte Digital-Twins
- Digital Twin von jedem einzelnen Fahrzeug
- LSTM-Netze
- Bewertung der Genauigkeit

**Dr.-Ing. Michael Grill**, Head of Department Artificial Intelligence and Simulation, Timo Hagenbucher, M. Sc. Prof. Dr.-Ing. André Casal Kulzer, FKFS – Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart, Stuttgart

### 12:15 Validierung von Antriebssträngen mit virtuellen Fahrzeugprofilen am Beispiel einer E-Achse

- Nutzungsraumanalyse spezifischer Fahrzeugmärkte
- Auswertung der Bauteilschädigung anhand relevanter Dauerlaufzyklen
- Vergleich der Schädigungsrechnung von realen Fahrzeugdaten und virtuellen Strecken

**Dipl.-Ing. Michaela Unterweger**, Senior Validation Methods Engineer, Andreas Haspl, Uday Akasapu M. Sc., AVL List GmbH, Graz, Österreich



### 12:45 Mittagessen mit Besuch der Fachausstellung



### Testen am Prüfstand

**Moderation: Andreas Volk**, CEO & Co-Founder, BET-MOTORS GmbH, Graz, Österreich

### 13:45 Validierung der Systemanforderungen elektr. Antriebsstränge mit Fokus auf Dauerhaltbarkeit und Zuverlässigkeit

- Lebensdauer von E-Antrieben
- Erprobung auf Prüfständen
- Beschleunigte Komponenten- und Systemtests

**Dipl.-Ing. Andreas Küsters**, Department Manager/Global Chief Engineer Validation, Dipl.-Ing., Jochen Soltwisch, FEV Europe GmbH, Hendrik Schultz, M. Sc., RWTH Aachen University, Aachen

### 14:15 Möglichkeiten zur Charakterisierung und Parameterbestimmung elektrischer Traktionsmaschinen im frühen Entwicklungsprozess

- Passende Validierungsumgebungen im frühen Entwicklungsprozess müssen definiert werden
- Effizienzsteigerungen in der E-Maschine zahlen sich doppelt aus
- Automatisierte Ermittlung von Maschinenparameter
- Hocheffizient sowie Hochgenau

**Marc Schmadel M. Eng.**, Senior Coordinator E-Drive, Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau

### 14:45 Next-Generation Hochleistungs-DC-Quellen für E-Mobilitäts-Prüfstände

- Integration verschiedener leistungselektronischer Komponenten auf einem gemeinsamen DC-Bus
- modulare Testsystembaukasten mit Fokus auf hochdynamische Hochleistungs-DC-Quellen
- exemplarische Anwendungen für DC-Quellen

**Stefan Merath M. Sc.**, Development Engineer Models and Controls, Application Software Design, Dr.-Ing Mathias Schnarrenberger, AVL SET GmbH, Wangen im Allgäu



### 15:15 Kaffeepause mit Besuch der Fachausstellung



### Innovative Messtechnik

**Moderation: Klaus Lang**, Business Development Manager, Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt

### 15:45 Hochdynamische Leistungsmessung und resultierende verkürzte Messzeiten

- Hochdynamische Leistungsanalyse
- Untersuchung dynamischer Lastwechsel
- Beschleunigte Wirkungsgradkennfelderfassung
- Verkürzte Messzeiten

**Dr.-Ing. Alexander Stock**, Technologist – Electric Power Test (EPT), eDrive, Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt

### 16:15 Auswertung von Sensorsignalen mittels Normalverteilungsanalyse unter Berücksichtigung von Temperatureinflüssen

- Statistische Analyse von Versuchsdaten von Sensoren
- Auswertung von Prüfstandsdaten eines Fahrzeugprüfstands
- Untersuchung von Temperatureinflüssen auf Sensorsignale

**Lennart Kopp, M. Eng.**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Antriebstechnik, Hochschule Aalen, Florian Maximilian Schmid, M. A., PlanB. GmbH, Hüttlingen

### 16:45 Systemprüfung von Antrieben mit Stabilitätsbetrachtung der Regelung im gesamten Betriebsbereich

- Aufbau eines Systemprüfstands mit zugehöriger Messtechnik
- Regelung und Stabilität von Traktionsantrieben
- Vergleich unterschiedlicher Regelverfahren
- Stabilitätsbetrachtung bei limitierter Schaltfrequenz oder Abtastfrequenz

**Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter**, Professor, Leistungselektronik – elektrische Maschinen und Antriebe, Til Eisenhauer, Technische Hochschule Aschaffenburg, Marco Zerl, INRO Elektrotechnik GmbH, Stockstadt am Main

**17:15 Ende des ersten Veranstaltungstages**

**ab 18:30 Get-together**

Zum Ausklang des ersten Veranstaltungstages lädt Sie das VDI Wissensforum zu einem Get-together ein. Nutzen Sie die entspannte Atmosphäre, um Ihr Netzwerk zu erweitern und mit anderen Teilnehmern und Referenten vertiefende Gespräche zu führen.

**2. Veranstaltungstag**  
Mittwoch, 17. April 2024

**09:00 Eröffnung durch einen der Leiter und Rückblick auf Tag 1**

**Messunsicherheit beim Testen**

**Moderation:** Johannes Beer, Group Leader, Vitesco Technologies GmbH, Regensburg

**09:05 Unsicherheitseinflüsse bei der Motorvermessung ermitteln und analysieren**

- Messunsicherheit
- Kennfeldvermessung
- Normalized Error Ratio
- Golden Sample

**Dr.-Ing. Jürgen Funck**, Entwicklungsingenieur, Forschung und Entwicklung, imx Solutions GmbH, Berlin

**09:35 Berechnung und Messung von Motor- und Umrichterverlusten nach IEC 61800-9-2 ED2**

- IEC 61800-9-2 ED2
- Vergleich von Interpolation, Messung und Vorausberechnung der Motorverluste bei Umrichterbetrieb
- Genauigkeit der Ermittlung der Umrichterverluste durch ein semianalytisches Modell

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Kremser**, Projektleiter, Fakultät Elektrotechnik, Feinwerktechnik, Informationstechnik, Technische Hochschule Nürnberg, Dr. Savvas Tsotoulidis, Siemens AG, Erlangen

**10:05 Kaffeepause mit Besuch der Fachaussstellung**

**Virtuelles Testen**

**Moderation:** Dr.-Ing. Mirko Plettenberg, Head of Verification, Validation & Reliability, AVL List GmbH, Graz, Österreich

**10:45 Smart Testing – Ausbau virtueller Validierungsmethoden als Wettbewerbsvorteil in der Produktentwicklung**

- Motivation und Potenziale zur Reduzierung von Entwicklungszeiten und -kosten im gesamten Produktentstehungsprozess
- Methodische Weiterentwicklung des digitalen Zwillings am Beispiel des elektrischen Antriebssystems zur zunehmenden Virtualisierung von Validierungsumfängen
- Auswirkungen neuer Entwicklungsmethoden auf zukünftige reale Validierungsaufgaben

**Dr.-Ing. Jörg Müller**, Senior Technical Consultant – Method development for validation of electrical powertrains, TD-I4 Powertrain Testing, IAV GmbH, Stollberg

**11:15 Hybride Methodik zur Verifikation und Validierung elektrischer Antriebe**

- Kombination der realen Erprobung (physische Erprobung) und virtuelle Erprobung (numerische Simulation) in einer hybriden Methodik
- Systematische Erkennung, Beschreibung und Simulation von Alterungs- und Schädigungsmechanismen
- Berücksichtigung der relevanten physikalischen Einflüsse (Komponentenverhalten & Prüfumgebung)
- Erfassung messbarer und reproduzierbarer Größen zur Verifikation der Modelle
- Verkürzung der Erprobungszeiten im Entwicklungszyklus durch den hybriden Ansatz

**Andreas Renelt M. Eng.**, Leiter Test- und Erprobungszentrum, Forschung und Entwicklung, ASAP Electronics GmbH, Gaimersheim

**11:45 Insights into the next generation of powertrain testing**

- Die Entwicklung der nächsten Steuergerätegeneration ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Rollen und Anforderungen
- Tagtäglich entstehen neue Features und Softwareartefakte, die in einer agilen Softwareentwicklung kontinuierlich getestet und abgesichert werden
- Dabei wird eine durchgängige Testplattform von SiL über HiL bis auf den Nürburgring geschaffen
- Direktes Feedback zur Softwarequalität ist für Management und Entwicklung immer verfügbar

**Dipl.-Ing. Jan Georges**, Senior Engineer, Test & Validation, Trace-Tronic GmbH, Dresden, Moritz Sauren M. Sc., Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach

**12:15 Repräsentative virtuelle Validierung von E-Antrieben auf Fahrzeugsystemebene**

- Validierung auf Fahrzeugsystemebene
- Wechselseitiger Einfluss von Antrieb, Fahrer\*in, Fahrfunktion
- Synthese repräsentativer Fahrstrecken

**Gerrit Brandes M. Sc.**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Fahrzeugtechnik, Marcel Sander M. Sc., Ron Rebesberger M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Roman Henze, Technische Universität Braunschweig, Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay, Innovationsgesellschaft Technische Universität Braunschweig mbH

**12:45 Mittagessen mit Besuch der Fachaussstellung**

**Battery Testing**

**Moderation:** Dr. Dominik Schulte, Geschäftsführer, Batterie-Ingenieure GmbH, Aachen

**13:45 Pack2Pack: Innovatives Verfahren zur kosteneffizienten Untersuchung von Hochvoltbatterien**

- Energieflussmanagement zur Kostensenkung im Testbetrieb und Vorstellung der Simulationen zur Definition des Anforderungsprofils
- Die Möglichkeit einer deutlichen Senkung der Energie-/Betriebskosten in Verbindung mit einem intelligenten Energiemanagement mittels dessen
- Sicherheitskonzept des Batterie-Testzentrums mit F90 Betoncontainern, Live-Überwachung von Temperatur Hotspots, automatische Brandmeldeanlage, automatische Aerosol-Löschanlage
- Vorstellung eines Prüfzentrums für Fahrzeugbatterien, welches bis zu zehn Batterien in einem Gesamtverbund prüfen kann

**Dipl.-Ing. Sebastian Geipel**, Projektleiter, Smart Test Factory Stollberg, Dipl.-Ing. Jens Liebold, IAV GmbH, Stollberg

## 14:15 „Thermal Propagation“ von Batteriesystemen – Herausforderungen und Lösungsansätze

- Definition „Thermal Propagation“, Marktanforderung, Standards und Regularien im Bereich thermische Sicherheit
- Simulativer Ansatz; Validierung, homologationsrelevante und entwicklungsbegleitende Tests inkl. Fehler- und Ursachenanalyse
- Design-Maßnahmen zur Vermeidung der Ursachen

**Dipl.-Ing. Paul Schiffbänker**, Manager Batterie Verifizierung und Validierung, PTE/DMB, Mirko Plettenberg, Sandra Montoro-Almendral, Neza Lupsina, Bernhard Kaltenegger, Karl Aufderklamm, Georg von Falck, AVL List GmbH, Graz

## 14:45 Abschlussdiskussion

## 15:00 Ende der Veranstaltung

## Tagungsleitung

**Dr.-Ing. Henning Baumgarten**, Global Vice President Gasoline, FEV Group GmbH, Aachen

**Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter**, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Technische Hochschule Aschaffenburg

## Programmausschuss

**Dipl.-Ing. Johannes Beer**, Group Leader, Vitesco Technologies GmbH, Regensburg

**Dipl.-Ing. Holger Hafke**, Antrieb & Plattform, Volkswagen AG, Baunatal

**Dipl.-Ing. Klaus Lang**, Business Development Manager, Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt

**Dr.-Ing. Jörg Müller**, Head of Department Powertrain Configuration, IAV GmbH, Stollberg

**Dr.-Ing. Mirko Plettenberg**, Head of Verification, Validation & Reliability, AVL List GmbH, Graz, Österreich

**Dr. Dominik Schulte**, Geschäftsführer, BatterieIngenieure GmbH, Aachen

**Andreas Volk**, CEO & Co-Founder, BET-MOTORS GmbH, Graz, Österreich

## Ausstellung & Sponsoring



Sie möchten Kontakt zu den hochkarätigen Teilnehmern dieser VDI-Tagung aufnehmen und Ihre Produkte und Dienstleistungen einem Fachpublikum Ihres Marktes ohne Streuverluste präsentieren? Vor, während und nach der Veranstaltung bieten wir Ihnen vielfältige Möglichkeiten, rund um das Tagungsgeschehens „Flagge zu zeigen“ und mit Ihren potenziellen Kunden ins Gespräch zu kommen.

Informationen zu Ausstellungsmöglichkeiten und zu individuellen Sponsoringangeboten erhalten Sie von:

**Ansprechpartnerin:**  
Vanessa Ulbrich  
Projektreferentin Ausstellungen & Sponsoring  
Telefon: +49 211 6214-918  
E-Mail: [ulbrich@vdi.de](mailto:ulbrich@vdi.de)

## Aussteller

- CSM Computer-Systeme-Messtechnik GmbH
- DEWETRON
- imx Solutions GmbH

(Stand Dezember 2023)

VDI-Spezialtag, Montag, 15. April 2024

## Parameterbestimmung zur Wirkungsgrad-Optimierung elektrischer Antriebe

13:00 bis 18:00 Uhr



**Ihre Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Technische Hochschule Aschaffenburg und Dr.-Ing. Alexander Stock M. Eng., Technologist – Electric Power Test, Hottinger Brüel & Kjaer GmbH, Darmstadt

### Zielsetzung

In diesem Workshop wird zunächst die Funktionsweise von elektrischen Traktions-Maschinen vorgestellt. Anschließend werden grundlegende Regelverfahren in den unterschiedlichen Betriebsbereichen erläutert und die dazu notwendigen Modelle der elektrischen Maschinen angegeben. Im Praxisteil werden Messungen an Versuchsaufbauten durchgeführt und die Parameter der Modelle ermittelt.

Ziel dieses Workshops ist es, im interdisziplinären Austausch die Optimierungspotenziale elektrischer Antriebe durch Messungen zu ermitteln und zu bewerten. Daraus werden anschließend gezielt Maßnahmen für die Weiterentwicklung elektrischer Maschinen abgeleitet.

Im Sinne des Workshop-Charakters finden in den einzelnen Blöcken interaktive und praxisorientierte Gruppenarbeiten statt. Anschließend werden die Ergebnisse mit allen Teilnehmern diskutiert und Fragestellungen aufgegriffen.

Separat buchbar

## Inhalte des Spezialtages

### Modellierung von Drehfeldmaschinen

- Einführung der Raumzeiger
- Maschinenmodell der Asynchronmaschine
- Maschinenmodell der permanentenerregten Synchronmaschine

### Einführung Stromrichter

- Zweipunktwechselrichter
- Grundfrequenztaktung
- Pulsweitenmodulation

### Regelung von Drehfeldmaschinen

- U/f-Kennliniensteuerung der ASM
- Indirekte Statorgrößen-Regelung

### Ermittlung von Maschinenparametern

- Leerlauf & Kurzschlussversuch
- Induzierte Spannung und Flusskonstante (back-EMF)
- Polpaarzahl/Schlupf
- Offsetwinkel eines Lagegebers

Sie haben noch Fragen?  
Kontaktieren Sie uns einfach!

**VDI Wissensforum GmbH**  
Kundenzentrum  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf  
Telefon: +49 211 6214-201  
Telefax: +49 211 6214-154  
E-Mail: [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de)  
[www.vdi-wissensforum.de/01TA109024](http://www.vdi-wissensforum.de/01TA109024)

**Sparen Sie 150,- Euro  
bei Kombibuchung!**

Ich nehme wie folgt teil (zum Preis p. P. zzgl. MwSt.):

VDI-Tagung Testen und Validieren elektrischer Antriebsstränge	Spezialtag + Parameterbestimmung zur Wirkungsgrad-Optimierung elektrischer Antriebe	Kombipreis Tagung + Spezialtag
16. und 17. April 2024, Nürtingen (01TA109024)	15. April 2024, Nürtingen (01ST131024)	15. und 16.-17. April 2024, Nürtingen
<input type="checkbox"/> EUR 1.690,-	<input type="checkbox"/> EUR 790,-	<input type="checkbox"/> EUR 2.330,-

Ich bin VDI-Mitglied und erhalte **pro Veranstaltungstag EUR 50,- Rabatt** auf die Teilnahmegebühr: Mitgliedsnr.\* \_\_\_\_\_

\* Für den VDI-Mitglieder-Rabatt ist die Angabe der VDI-Mitgliedsnummer erforderlich.

Ich interessiere mich für **Ausstellungs- und Sponsoringmöglichkeiten**

**Meine Kontaktdaten:**

Nachname \_\_\_\_\_ Vorname \_\_\_\_\_

Titel \_\_\_\_\_ Funktion/Jobtitel \_\_\_\_\_ Abteilung/Tätigkeitsbereich \_\_\_\_\_

Firma/Institut \_\_\_\_\_

Straße/Postfach \_\_\_\_\_

PLZ, Ort, Land \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_ Mobil \_\_\_\_\_ E-Mail \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

Abweichende Rechnungsanschrift \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Teilnehmer mit einer Rechnungsanschrift außerhalb Deutschlands, Österreichs oder der Schweiz bitten wir, mit Kreditkarte zu zahlen. Bitte melden Sie sich über [www.vdi-wissensforum.de](http://www.vdi-wissensforum.de) an. Auf unserer Webseite werden Ihre Kreditkartendaten verschlüsselt übertragen, um die Sicherheit Ihrer Daten zu gewährleisten.

Die **allgemeinen Geschäftsbedingungen** der VDI Wissensforum GmbH finden Sie im Internet: [www.vdi-wissensforum.de/de/agb/](http://www.vdi-wissensforum.de/de/agb/)

**Veranstaltungsort/Zimmerbuchung:**

**Ort:** Best Western Plus Hotel Am Schlossberg, Europastr. 13, 72622 Nürtingen, Tel.: +49 7022/704-0, E-Mail: [info@schlossberg.bestwestern.de](mailto:info@schlossberg.bestwestern.de)

Ein Zimmerkontingent ist in den Hotels unter dem Stichwort „VDI“ bis zum 07.04.2023 abrufbar. Bitte beachten Sie, dass dieses begrenzt ist.

**Leistungen:** Im Leistungsumfang sind die Veranstaltungsunterlagen, Pausengetränke, Mittagessen, und die Abendveranstaltung enthalten. Die Veranstaltungsunterlagen werden den Teilnehmern zur Verfügung gestellt.

**Datenschutz:** Die VDI Wissensforum GmbH verwendet die von Ihnen angegebene E-Mail-Adresse, um Sie regelmäßig über ähnliche Veranstaltungen der VDI Wissensforum GmbH zu informieren. Wenn Sie zukünftig keine Informationen und Angebote mehr erhalten möchten, können Sie der Verwendung Ihrer Daten zu diesem Zweck jederzeit widersprechen. Nutzen Sie dazu die E-Mail Adresse [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de) oder eine andere der oben angegebenen Kontaktmöglichkeiten. Auf unsere allgemeinen Informationen zur Verwendung Ihrer Daten auf <https://www.vdi-wissensforum.de/datenschutz-print> weisen wir hin.

Hiermit bestätige ich die AGBs der VDI Wissensforum GmbH sowie die Richtigkeit der oben angegebenen Daten zur Anmeldung. Ihre Kontaktdaten haben wir basierend auf Art. 6 Abs. 1 lit. f) DSGVO (berechtigtes Interesse) zu Werbezwecken erhoben. Unser berechtigtes Interesse liegt in der zielgerichteten Auswahl möglicher Interessenten für unsere Veranstaltungen.

Mehr Informationen zur Quelle und der Verwendung Ihrer Daten finden Sie hier: [www.wissensforum.de/adressquelle](http://www.wissensforum.de/adressquelle)

Mit dem FSC® Warenzeichen werden Holzprodukte ausgezeichnet, die aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern stammen, unabhängig zertifiziert nach den strengen Kriterien des Forest Stewardship Council® (FSC). Für den Druck sämtlicher Programme des VDI Wissensforums werden ausschließlich FSC-Papiere verwendet.

