

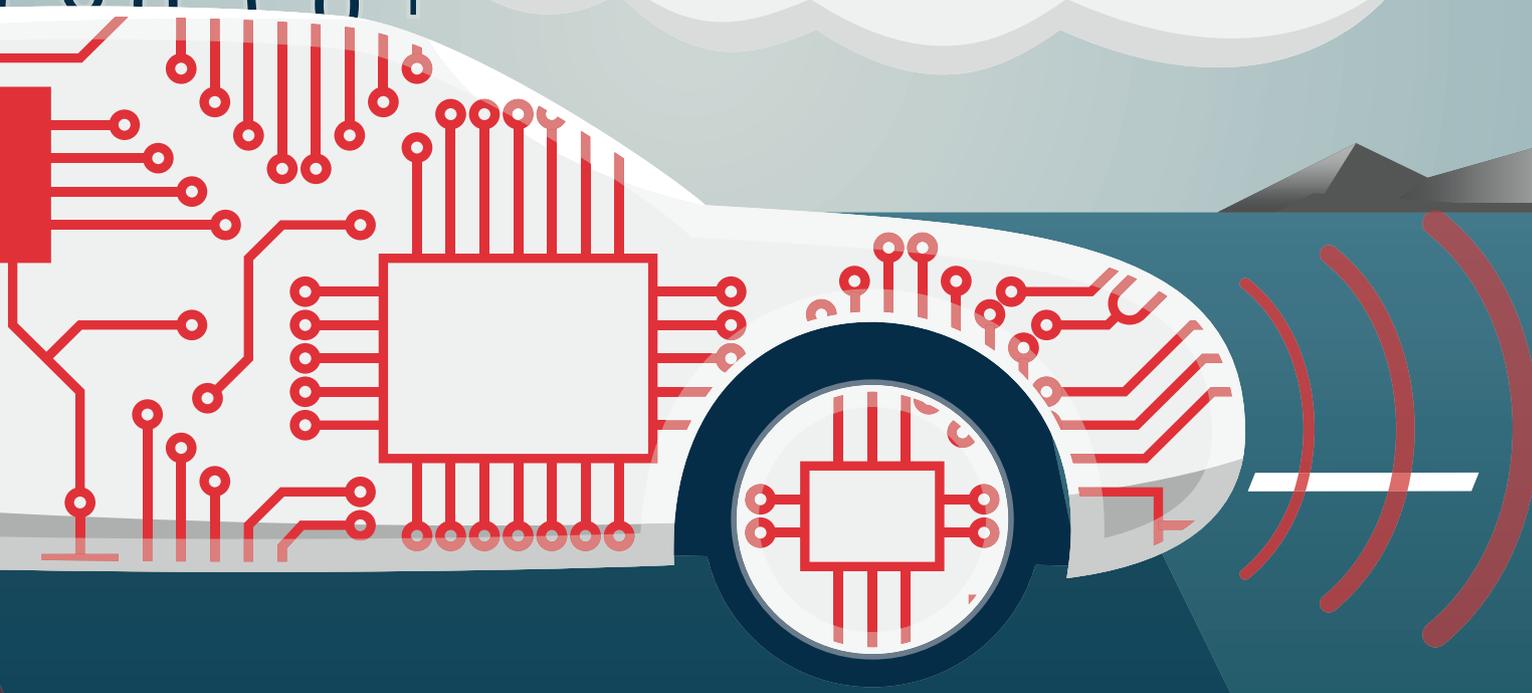
ATZ

extra

August 2018

120
J A H R E

Big Data Zwischen Fahrzeug und Backend



DATENANALYSE

Smarte Variantenkalibrierung mit Data Analytics

AVL 



Big Data managen

Liebe Leserin, lieber Leser,

mit der steigenden Anzahl an mechatronischen Systemen und der zunehmenden Vernetzung von Antriebs-, Fahrwerks- und Fahrerassistenzfunktionen nimmt die Komplexität der Kalibrierung moderner Fahrzeuge immer weiter zu. Als Folge explodiert die Zahl der Label in den Steuergeräten förmlich. Für die Applikationsingenieure stellt sich unter anderem das Problem, diese „Big Data“ vor dem Hintergrund einer wachsenden Anzahl an Fahrzeugvarianten und oftmals weltweit verteilter Kalibrierteams zu managen. Nur mit hoher Effizienz und Agilität im Datenmanagementprozess lassen sich die umfangreichen Kalibrierungsaufgaben in immer kürzerer Zeit und bei hohen Anforderungen an die Funktionssicherheit und Robustheit umsetzen.

Im Bereich Kalibrierdatenmanagement ist AVL mit dem Kalibrierdaten-Lifecycle-Managementsystem AVL CRETA™ schon seit vielen Jahren Marktführer. Mit einer ganzen Reihe von Features unterstützt die aktuelle fünfte Generation den agilen Kalibrierprozess. Sie bietet unter anderem eine einfache Handhabung der Kalibrierung während des Fahrzeugentwicklungsprozesses, eine nachvollziehbare Integration der Steuergeräteparameter in alle Projekte, eine übersichtliche Darstellung der Kalibrierreife und ermöglicht eine konfliktfreie Fusion unterschiedlicher Datensätze. Das Datenmanagement wird durch eine leistungsstarke Such-

funktionen, eine einfache Verteilung von Projekten auf weltweite Kalibrierteams, eine übersichtliche Navigation durch die verschiedenen Kalibriervarianten und erweiterte Data-Mining-Algorithmen optimiert. In Summe führt das zu einer Zeit- und Kostenreduktion um mehr als 50 %. Besonderen Wert haben die Softwareentwickler auf eine einfache Weiterentwicklung von Kalibrierungen für künftige Anwendung gelegt. Den neuesten Baustein von AVL CRETA 5™ stellen die Fachleute von AVL im Folgenden dar, ein Tool zur smarten und effizienten Variantenkalibrierung auf Basis von Data-Analytics-Methoden. Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Richard Backhaus

Richard Backhaus
Korrespondent der ATZ



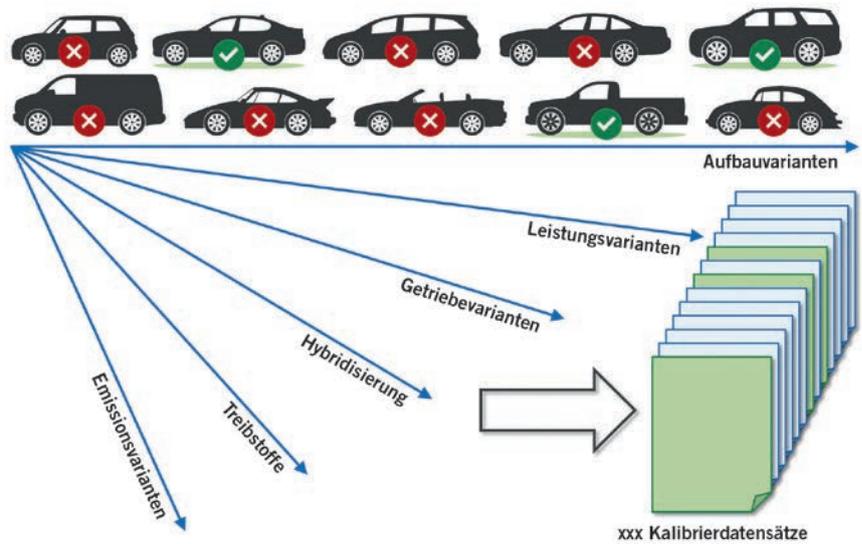
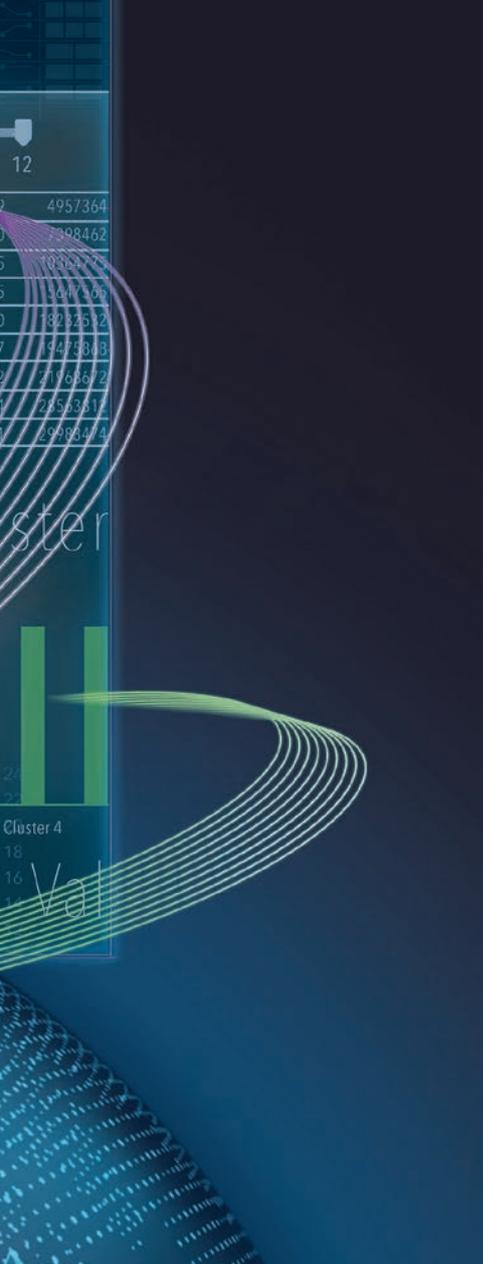


BILD 1 Kalibrierungen werden an Lead-Varianten (hier in grün) validiert (© AVL)

Attribute/Varianten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante n
Leistung	140	140	140	185	185	185	220	220	220
Land	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN
Emissionklasse	EU6d	LEVIII SULEV	CN5b	EU6d	LEVIII SULEV	CN5b	EU6d	LEVIII SULEV	CN5b
Kraftstoff	ROZ95 ROZ98	CARB Ph.3	ROZ91	ROZ95 ROZ98	CARB Ph.3	ROZ91	ROZ95 ROZ98	CARB Ph.3	ROZ91
Start/Stopp	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	nein	ja
Hubraum	1789	1789	1789	2155	2155	2155	2155	2155	2155
Chassis Typ	Limo	Limo	Kombi	Kombi	Kombi	Kombi	Limo	Kombi	Kombi
Aufladung	Saug	Saug	Saug	Turbo	Turbo	Turbo	Bi-Turbo	Bi-Turbo	Bi-Turbo
Motoreinbau	Längs	Längs	Längs	Längs	Längs	Längs	Längs	Längs	Längs

BILD 2 Attribute verschiedener Fahrzeugvarianten (© AVL)

DATENMENGEN

50.000 Label pro Motorsteuergerät, eine Million Einzelwerte, hunderte Fahrzeugvarianten, 18 Monate mit wöchentlich neuen Datenständen – die Datenmenge moderner Kalibrierprojekte hat eine Größenordnung angenommen, bei der es de facto nicht mehr möglich ist, jedes Label der einzelnen Varianten durch Versuche zu bestimmen. Gängige Praxis ist es daher, möglichst repräsentative Leadvarianten zu definieren und circa 80 bis 90 % der Label von diesen Leadvarianten zu übernehmen. Aufgrund der hohen Synergie zwischen den Derivaten ist dies durchaus möglich. Die entscheidende Frage ist allerdings, welche diese 80 bis 90 % der Werte sind? Umgekehrt gefragt: In

welche Parameter müssen definitiv Zeit und Geld investiert werden, um die Zielwerte des Lastenhefts sicher zu erreichen und Fehler auszuschließen?

Heute werden im Entwicklungsprozess aus Zeit- und Kostengründen nur noch einige, repräsentative Fahrzeuge real als Prototypen aufgebaut. An diesen erfolgt stellvertretend für alle Varianten die finale Validierung und Freigabe, **BILD 1**. Datenfehler in nicht real verfügbaren Varianten wären fatal, weil sie im Freigabeprozess nicht mehr entdeckt werden könnten.

In der Regel stellen Experten sicher, dass der Fokus des Kalibrieraufwands auf die kritischen Parameter gelegt wird. Aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung und ihres technischen Know-hows kennen sie die Zusammenhänge zwischen

den Funktionen, Parametern und Fahrzeugderivaten und können entsprechende Entscheidungen für die Arbeit der Kalibrierteams treffen. Doch was passiert, wenn selbst der Experte an Grenzen stößt? Wie kann seine verantwortungsvolle Arbeit erleichtert, abgesichert und gegebenenfalls optimiert werden? Wie lassen sich Fehler vermeiden? Wie können neue Zusammenhänge aufgedeckt werden?

DATA-ANALYTICS-ANSATZ

Für die AVL List GmbH liegt die Lösung in der intelligenten Analyse der aktuellen und historischen Kalibrierdaten. In dieser enormen Datenmenge können Muster identifiziert und somit Regeln für die Variantenkalibrierung [1, 2] abgeleitet

Attribute/Varianten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante n
Attribut A „Leistung“	140	140	140	185	185	185	220	220	220
Attribut B „Emission“	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN
	Gleichbedingungen								
Variable 1									
Variable 2	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
Variable 3									
Variable 4	2,12	2,12		2,12	2,12		2,12	2,12	
Variable 5	1,001	1,001			1,001			1,001	
Variable 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Variable 7	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101			
Variable n									

BILD 3 Schablone für die Gleichbedingung verschiedener Varianten (© AVL)

Attribute/Varianten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante n
Attribut A „Leistung“	140	140	140	185	185	185	220	220	220
Attribut B „Emission“	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN
	Gleichbedingungen								
Variable 1									
Variable 2	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,011	1,001	1,001	1,001
Variable 3									
Variable 4	2,12	2,12		2,12	2,12		2,12	2,12	
Variable 5	1,001	1,001			1,001			1,001	
Variable 6	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Variable 7	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101			
Variable n									

BILD 4 Ausreißerbekennung (© AVL)

werden. Hierzu setzt der Ansatz bei den technischen Attributen der Fahrzeugvarianten an, **BILD 2**, und verknüpft die Attribute mit bestimmten Mustern der Kalibrierungen. Auf diese Weise können Korrelationen zwischen den Datensätzen aufgedeckt werden, die den Verantwortlichen helfen, sichere Entscheidungen für robuste Variantenkalibrierungen zu treffen.

Für die Massenauswertung der Kalibrierdatensätze hat AVL ein Data-Analytics-Werkzeug entwickelt, das innerhalb des Kalibrierdaten-Lifecycle-Management-Systems AVL Creta zur Verfügung gestellt wird [3]. Dieses wird von OEMs und Zulieferern im gesamten Antriebs- beziehungsweise Fahrzeugentwicklungsprozess eingesetzt, um

Kalibrierdaten zentral zu speichern, zu verwalten und zusammenzuführen [4].

Um diese wertvolle Datenbasis sinnvoll auszuwerten, müssen zunächst vom Datenmanager oder Kalibrierexperten die Attribute festgelegt werden. Erfahrungsgemäß sind dies circa 100 Attribute, mit denen sich die einzelnen Derivate charakterisieren lassen. Die meisten dieser Attribute sind zu Projektbeginn bereits durch den Kalibrierauftrag bekannt.

SCHABLONEN ALS WERKZEUG

Die entwickelte Software vergleicht die Datensätze und leitet aus den Attributen und den berechneten Datenmustern Vorschläge für Gleichbedingungen oder für Bedatungsunterschiede ab. Diese Vor-

schläge kann man sich als Schablonen vorstellen, mit denen sich Bedingungen auf andere Datensätze anwenden lassen. **BILD 3** veranschaulicht das Prinzip einer solchen Schablone. Diese Beispiel-schablone hebt alle Gleichbedingungen der Varianten in einem Projekt hervor, sodass sich die Regel ableiten lässt, dass Variable 4 für alle EU- und China-Varianten gleich sein muss. Eine andere Ableitung wäre, dass die Bedingung der Variable 2 für die Leistungsvarianten 140 PS, 185 PS und 220 PS in allen gezeigten Ländervarianten gleich sein muss.

Die erkannten Schablonen müssen vor ihrer Anwendung validiert werden. So wird ausgeschlossen, dass aus zufälligen Datenmustern Regeln erhoben werden, die technisch keinen Sinn ergeben. Gibt der Experte eine Schablone frei, kann sie genutzt werden, um den Datensatz für Derivate aus den Leadvarianten abzuleiten. Weiterhin kann die Schablone während des gesamten Projekts mögliche Fehler in der Bedingung aufzeigen. In **BILD 4** wird zum Beispiel eine Abweichung von der Gleichbedingungsregel farblich sichtbar gemacht. Falls sich herausstellt, dass es sich hier nicht um einen Fehler, sondern einen gewollten Unterschied handelt, lässt sich ein zusätzliches Attribut einführen. Die Schablonen können also während eines Projekts kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Neben den Gleichbedingungsregeln lassen sich auch Regeln für zwingende Unterschiede ableiten. In **BILD 5** werden bei der Variable 3 die zwingenden Unterschiede von drei Leistungsvarianten hervorgehoben. Dies könnten zum Beispiel die Vollast-Bedingungen verschiedener Leistungsvarianten sein, die entsprechend unterschiedlich sein müssen. Ebenfalls in **BILD 5** ist ein Beispiel zu sehen, wo zwingende Unterschiede nur bei einer bestimmten Leistungsklasse gefordert sind. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die höhere Leistung für diese Varianten durch eine andere Hardware, etwa einen anderen Turboblader, erreicht wird. Folglich muss die entsprechende Variable hier anders bedatet werden.

Die Beispiele machen deutlich, dass die Schablonen nicht nur mathematische Korrelationen, sondern auch technische Kausalitäten abbilden. So wird das wertvolle Wissen der Experten konserviert und ebenfalls für andere Kalibrieringenieure anwendbar gemacht.

Attribute/Varianten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante n									
Attribut A „Leistung“	140	140	140	185	185	185	220	220	220									
Attribut B „Emission“	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN	EU	USA	CHN									
	Attribut A																	
Variable 1	Attribut A																	
Variable 2																		
Variable 3										101	101	101	102	102	102	103	103	103
Variable 4																		
Variable 5																		
Variable 6																		
Variable 7										0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,111	0,111	0,111
Variable n																		

BILD 5 Schablone für zwingende Unterschiede in der Bedutung (© AVL)

VORGEHENSMODELL

Der Data-Analytics-Prozess basiert auf dem Vorgehensmodell CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining). Dieses weit verbreitete Prozessmodell für Data-Mining-Projekte besteht aus sechs Schritten; Rückkopplungen zu vorgelagerten Schritten sind explizit vorgesehen, BILD 6.

SCHRITT 1 UND 2: VERSTEHEN DES UMFELDS UND DER DATEN

Ein Data Warehouse bezieht die Daten aus dem oben genannten Kalibrierdaten-Management-System. Dabei beschränkt es sich auf jene Daten, die besonders aussagekräftig und notwendig für die Data-Analytics-Algorithmen sind. Zusätzlich zu diesen Informationen können die Daten von anderen Quellen miteinbezogen werden, zum Beispiel von einem Product-Lifecycle-Management-System (PLM).

SCHRITT 3: DATENVORBEREITUNG

Die Daten werden mithilfe eines ETL-Prozesses (Extraktion, Transformation, Laden) aus den entsprechenden Datenquellen extrahiert, durch Transformation komprimiert, bereinigt, vereinheitlicht und anschließend ins Data Warehouse geladen.

Dieser Prozess wird regelmäßig durchgeführt, damit die Daten im Data Warehouse aktuell bleiben. Um jederzeit aus einer großen Datenmenge und mit entsprechender Historie Vergleichsanalysen

durchzuführen, können die Daten langfristig gespeichert werden. Es wird also bewusst ein Ort mit redundanten Informationen geschaffen, der sicherstellt, dass die Data-Analytics-Software immer alle wesentlichen Daten zur Verfügung hat. Durch die Transformation und Komprimierung werden die Datenmengen wesentlich reduziert, was einen schnellen Vergleich und eine anwendergerechte Analyse ermöglicht.

Für die Datenvorbereitung wurde ein patentierter Kompressions- und Transformationsalgorithmus entwickelt. Dieser ermöglicht, große Kennfelder speichersparend abzulegen und schnell zu vergleichen [6].

SCHRITT 4: MODELLIERUNG

Für die Modellierung wurde der oben gezeigte Schablonenansatz gewählt. Er ist vergleichbar mit dem von Amazon patentierten „Personalized recommendations of items represented within a database“ [7].

SCHRITT 5 UND 6: EVALUATION UND AUSROLLUNG

Um eine möglichst einfache Nutzung der Datenanalyse zu ermöglichen, wurde die anwenderfreundliche Software Compare Pro entwickelt. Sie wird innerhalb von AVL Creta zur Verfügung gestellt.

Basierend auf dem CRISP-DM-Prozess kann nun innerhalb kürzester Zeit ein Quervergleich von mehr als 2000 Datensätzen durchgeführt werden.

MEHR EFFIZIENZ BEI HÖHERER DATENQUALITÄT

Bei der Anwendung von Data Analytics zur Variantenkalibrierung [7] übersteigt der Nutzen den Aufwand nach kürzester Zeit. Die Definition der Attribute ist ein einmaliger Aufwand. Danach kann die Struktur für alle Projekte genutzt werden. In der Regel sind über die gesamte Projektlaufzeit nur kleinere Anpassungen der Attributstruktur notwendig.

Für den einzelnen Kalibrieringenieur bietet das vorgestellte Werkzeug die Möglichkeit, gezielt Informationen zu den Parametern zu suchen, die er zu verantworten hat. Darüber hinaus kann er seine Datensätze vor der Abgabe auf einzelne Ausreißer prüfen.

Die Datenanalyse bringt außerdem Konsistenz und Sicherheit in den gesamten Prozess der Variantenkalibrierung. Mithilfe der Schablonen kann regelmäßig kontrolliert werden, ob alle Varianten die vom Experten validierten Muster enthalten. Ungewöhnliche Bedeutungen fallen sofort auf.

Um für künftige Projekte Standard-Ur-Bedeutungen abzuleiten, lassen sich die Schablonen in einer Bibliothek verwalten. Die Kalibrierteams können ihre Arbeit somit auf der Basis eines reifen Datenstands beginnen und erzielen früh im Entwicklungsprozess gute Ergebnisse.

Nach Abschluss eines Projekts kann die Datenanalyse wertvolle Beiträge zur Auswertung des Kalibrieraufwands liefern. Wie kamen die Ingenieure zu den finalen

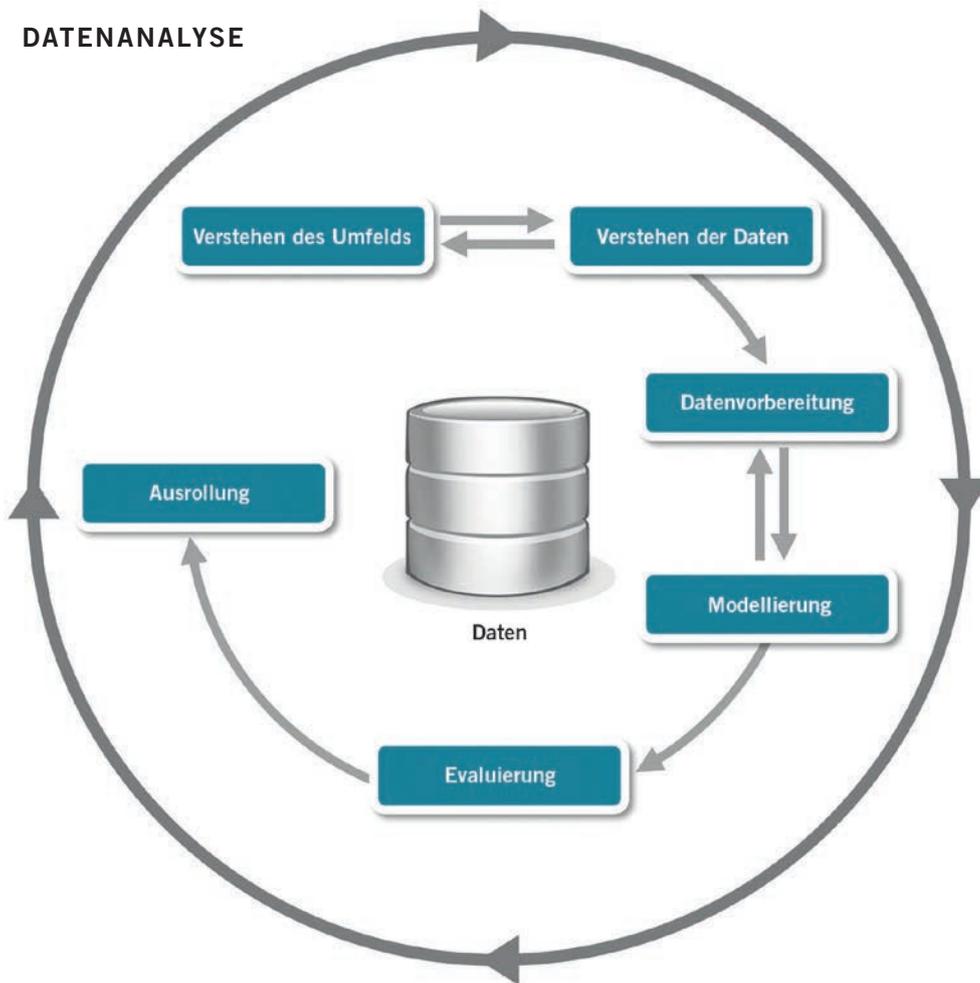


BILD 6 Schritte des CRISP-DM-Prozessmodells (Grafik basiert auf [5])
(© AVL)

Kalibrierwerten? Welche Label wurden gar nicht oder nur einmal verändert? Welche Parameter haben sich im Projektzeitraum ungewöhnlich oft verändert und warum? Diese Fragen liefern wertvolle Beiträge zur Planung künftiger Projekte.

FAZIT

Das rasante Datenwachstum in Kalibrierprojekten erfordert dringend neue Methoden und Werkzeuge. Ein erfolgversprechender Lösungsansatz ist Data Analytics. Bisher nutzen allerdings die wenigsten Unternehmen das Wissen, das im Datenschatz ihrer Kalibrierungen steckt. Mit dem neu entwickelten Analysewerkzeugen können Unternehmen

Data Analytics für eine smarte Variantenkalibrierung einsetzen, um die Effizienz und Qualität ihrer Kalibrierprojekte zu steigern.

LITERATURHINWEISE

- [1] Keuth, N.; Kordon, M.; Wurzenberger, J.; Vitale, G.: Paradigmenwechsel in der Kalibrierung: Innovative Methoden zur Erhöhung der Qualität der xCU Kalibrierung. 5. Intern. Symposium für Entwicklungsmethodik, 2013
- [2] Paulweber, M.; Lebert, K.: Mess- und Prüfstandstechnik. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, S. 394-397
- [3] Dobes, T.; Jansen, H.; Kaserer, T.; Klumaier, K.; Riener, M.: Moderne Entwicklungsplattform für die Kalibrierung von Fahrzeug-Antrieben. 6. Intern. Symposium für Entwicklungsmethodik, 2015
- [4] Rathfelder, M.; Hsu, H.; Brandau, T.; Storfer, G.: Applikationsdaten-Management für Porsche-Fahrerwerke. In: ATZ 118 (2016), Nr. 6, S. 16-20

[5] Chapman, P.; Clinton, J.; Kerber, R.; Khabaza, T.; Reinartz, T.; Shearer, C.; Wirth, R.: CRISP-DM 1.0. Step-by-step data mining guide, 2000. Online: <http://www.the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>, aufgerufen am 20.02.2018

[6] AVL List: EP2859415B1: Verfahren zur Verarbeitung von Daten, 15.04.2015

[7] „Kunden, die dieses Buch gekauft haben, haben auch dieses Buch gekauft.“ Vergleiche dazu: Amazon.com, Inc: US7113917B2: Personalized recommendations of items represented within a database, 13.09.2001



**DIESER BEITRAG IST IM E-MAGAZIN
VERFÜGBAR UNTER:**

www.emag.springerprofessional.de/atz