

1 Einführung

Dieses Buch richtet sich an Personen, die in der Automobilindustrie Testaktivitäten für softwarebasierte Systeme planen, vorbereiten, durchführen oder beurteilen. Das Buch soll das Thema Automotive-Softwaretest möglichst allgemein darstellen, weshalb es sich nicht mit allen relevanten Spezialthemen befasst.

Für die vertiefende Behandlung einiger Spezialthemen gibt es eigene ISTQB®-Lehrpläne und zugehörige Bücher im dpunkt.verlag, beispielsweise [Linz 2016] zum Testen in der agilen Softwareentwicklung, [Simon et al. 2019] zum Testen der IT-Sicherheit und [Winter et al. 2016] zum modellbasierten Testen. Zum momentan sehr aktuellen Thema des Testens von Systemen, die auf künstlicher Intelligenz (KI) basieren, wie autonomen Fahrzeugen, ist ein ISTQB®-Lehrplan gerade im Entstehen.

1.1 Lehrpläne

Das Buch unterstützt bei der Vorbereitung auf die Zertifizierungsprüfung zum *ISTQB® Foundation Level Specialist – CTFL Automotive Software Tester* (CTFL-AuT), sowohl im Selbststudium als auch begleitend zu einer Schulung. Es deckt die Inhalte des Lehrplans in der zum Zeitpunkt des Erscheinens aktuellen Version 2.0.2 [ISTQB 2020] vollständig ab. Anhang E enthält eine Tabelle mit Querverweisen, wo im Buch die einzelnen Abschnitte des Lehrplans zum CTFL-AuT behandelt werden. Das Buch geht aber auch über den Lehrplan hinaus, um wichtiges Hintergrundwissen zu vermitteln sowie einzelne Aspekte zu vertiefen.

Für die Vorbereitung auf die Zertifizierungsprüfung muss auf jeden Fall neben dem Buch auch der Lehrplan durchgearbeitet werden, da die Prüfungsfragen aus dem Lehrplan abgeleitet sind, und der Lehrplan manche Themen etwas anders behandelt als das Buch. Abweichungen vom Lehrplan sind im Buch aber gekennzeichnet.

*ISTQB® CTFL Automotive
Software Tester*

*Vorbereitung
Zertifizierungsprüfung*

ISTQB® Certified Tester
Foundation Level

Der CTFL-AuT baut auf dem Lehrplan zum ISTQB® Certified Tester Foundation Level (CTFL) [ISTQB 2018] auf und ergänzt diesen um automobilspezifische Inhalte. Daher erfordert eine Zertifizierung zum CTFL-AuT eine vorhandene Zertifizierung zum CTFL. Das Buch setzt im Wesentlichen die Kenntnisse der Inhalte des CTFL voraus, die beispielsweise im Buch »Basiswissen Softwaretest« [Spillner & Linz 2019] vertieft nachzulesen sind.

ISTQB®-Glossar

Die hier im Buch verwendeten Fachbegriffe des Testens basieren auf dem lehrplanübergreifenden ISTQB®-Glossar [ISTQB & GTB 2020]. Sollte ein testspezifischer Begriff nicht geläufig sein, findet sich dort die zugehörige Definition.

1.2 Übersicht über das Buch

Das Buch orientiert sich im Wesentlichen an der Struktur des Lehrplans zum CTFL-AuT (siehe Anhang E).

Grundlagen

Kapitel 2 geht auf die *Grundlagen* aus dem CTFL ein. Es skizziert die Grundprinzipien aus dem CTFL, die für das Verständnis des CTFL-AuT notwendig sind. Darüber hinaus beschreibt es den für die Automobilindustrie typischen Produktentstehungsprozess (PEP) und diskutiert die Mitwirkung der Tester im PEP, beispielsweise bei Freigaben.

Normen und Standards

Kapitel 3 umfasst die *Normen und Standards*, mit denen ein Softwaretester in der Automobilindustrie typischerweise in Kontakt kommt. Der besondere Fokus liegt auf Automotive SPICE, ISO 26262 und AUTOSAR. Dabei werden die Grundstrukturen der Normen und Standards erklärt sowie die Herausforderungen bzw. relevanten Anforderungen an den Tester erläutert. Im Vergleich zum Lehrplan finden sich im Buch mehr Informationen und Hintergründe zu den jeweiligen Normen und Standards. Zielsetzung des Kapitels ist es, dem Tester ausreichend Informationen an die Hand zu geben, sodass er fundiert bei den Diskussionen um die aus den Normen und Standards abgeleiteten Testanforderungen mitsprechen kann. Das Kapitel schließt mit einer Gegenüberstellung der Zielsetzung, der Teststufen und der Testverfahren und Testansätze in den Normen und Standards.

Virtuelle Testumgebungen

Kapitel 4 beschreibt die unterschiedlichen *virtuellen Testumgebungen*, die in der Automobilindustrie zum Einsatz kommen. Nach einer allgemeinen Einführung in Testumgebungen stellt es die Unterschiede zwischen Closed- und Open-Loop-Systemen dar. Danach vertieft es die Charakteristika virtueller Testumgebungen wie MiL (Model-in-the-Loop), SiL (Software-in-the-Loop) und HiL (Hardware-in-the-Loop). Abschließend erfolgt ein Vergleich der unterschiedlichen virtuellen Testumgebungen und ihrer Einsatzgebiete bei der Produktentwicklung.

Kapitel 5 erklärt spezielle *Testansätze und Testverfahren*, die in der Automobilindustrie eingesetzt werden, und zeigt ihre Anwendung anhand von Beispielen auf. Im Softwaretest sind Testansätze von genereller Natur und repräsentieren prinzipielle Vorgehensweisen und Theorien zur Lösung von Testaufgaben. Im Gegensatz dazu sind Testverfahren konkrete Vorgehensweisen und Techniken zur Lösung von Testaufgaben. Hierzu zählen Verfahren sowohl für statische als auch für dynamische Tests. Bei den statischen Testverfahren liegt der Fokus auf der Codeanalyse nach MISRA-C sowie auf den Qualitätsmerkmalen für das Review von Anforderungen. Bei den dynamischen Testverfahren wird insbesondere auf die Testverfahren eingegangen, die die ISO 26262 empfiehlt. Hierzu gehören beispielsweise modifizierte Bedingungs-/Entscheidungstests (MC/DC-Test), Back-to-Back-Tests und Fehlereinfügungstests. Darüber hinaus zeigt Kapitel 5 auf, wie eine Auswahl der Testverfahren in einem konkreten Projektkontext erfolgen kann.

*Testansätze und
Testverfahren*

Beim Schreiben des Buches hat der eine oder andere Autor Inhalte entwickelt, die die Hauptkapitel des Buches sprengen würden. Da es sich aber um wertvolle Informationen handelt, sind diese Inhalte im Anhang zu finden. Beispielsweise die Zusammenfassung aller Bände der ISO 26262, inkl. einer Aussage zu den Neuerungen in der Version von 2018.

Anhang

Um dem Leser das Verständnis für die Inhalte zu erleichtern, haben wir das Projekt *ULV* des Fahrzeugherstellers Bavarian Electric Cars (BEC) als durchgängiges Beispiel eingeführt (siehe Abschnitt 1.3). Wo möglich und sinnvoll, stellen die einzelnen Abschnitte im Buch einen Bezug zu dem Beispielprojekt her. Dies soll dem Leser das Verständnis der Inhalte und den Transfer auf den Projektalltag erleichtern.

Beispiele

1.3 Einführung in das Beispielprojekt

Ein durchgängiges Beispiel soll in diesem Buch zum besseren Verständnis der Inhalte beitragen. Alle Beispiele sind im Buch grau hinterlegt:

Beispiel Tempomat

Bei der zu entwickelnden Tempomatfunktion handelt es sich um einen reinen Geschwindigkeitsregler, nicht um einen Abstandsregeltempomaten.

1.3.1 Projekthintergrund

Systemlieferant
Eddison Electronics

Dreh- und Angelpunkt des Beispielprojekts ist die Firma *Eddison Electronics*. Eddison Electronics ist ein mittelständisches Unternehmen, das sich auf elektrische Antriebe für Kraftfahrzeuge spezialisiert hat. Der Fahrzeughersteller Bavarian Electric Cars (BEC) hat Eddison Electronics beauftragt, den elektrischen Antriebsstrang für ihr neues Stadtfahrzeug *Urban Lite Vehicle (ULV)* zu entwickeln. Eddison Electronics hat in diesem Projekt die Rolle des Systemlieferanten (Tier-1) und entwickelt für BEC den kompletten elektrischen Antrieb – einschließlich damit verbundener Funktionen, wie Antriebsschlupfkontrolle oder Tempomat. Abbildung 1–1 zeigt, für welche Umfänge des Fahrzeugs Eddison Electronics zuständig ist.

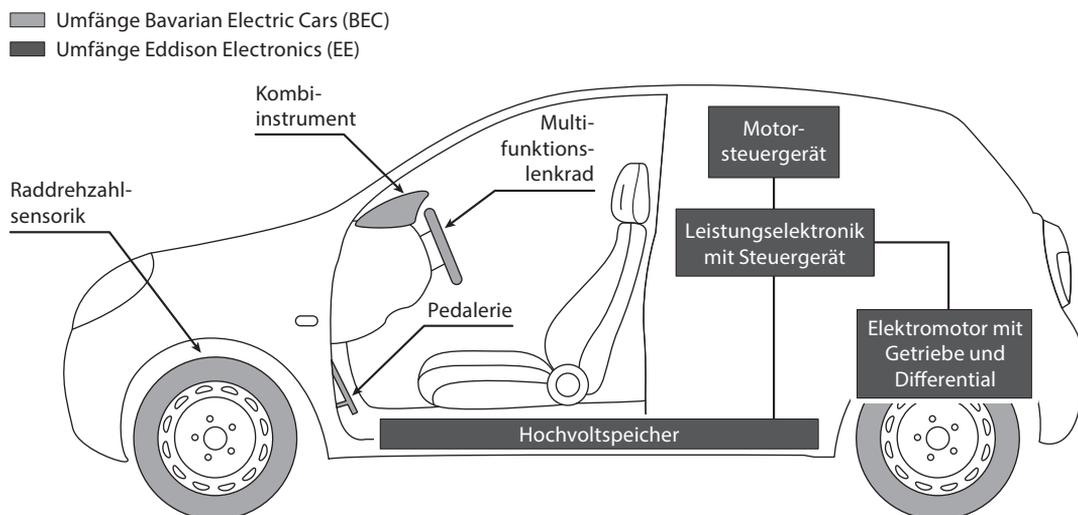


Abb. 1–1

Umfänge der Firma
Eddison Electronics (EE)
am Projekt ULV

1.3.2 Aufbau des Systems

Der Antriebsstrang des *ULV* besteht aus dem E/E-Antriebssystem und den rein mechanischen Umfängen, wie Getriebe und Differential. Das E/E-Antriebssystem umfasst den Elektromotor, die Leistungselektronik (Inverter), den Hochvolt-speicher und die Steuergeräte für Leistungselektronik und Elektromotor. Sie sind in das elektrische Bordnetz und die Bussysteme des Fahrzeugs (u. a. CAN) eingebunden. Die Steuergeräte sind moderne Plattformsteuergeräte. Hardware und Software werden von Eddison Electronics selbst entwickelt.

Abbildung 1–2 zeigt die Struktur des Antriebsstrangs bis hin zu den Softwarekomponenten, aus denen die Software der beiden Steuergeräte besteht. Für die Beispiele in diesem Buch sind speziell die Strukturelemente *mit* Softwareanteil relevant. Sie sind in der Abbildung grau eingefärbt.

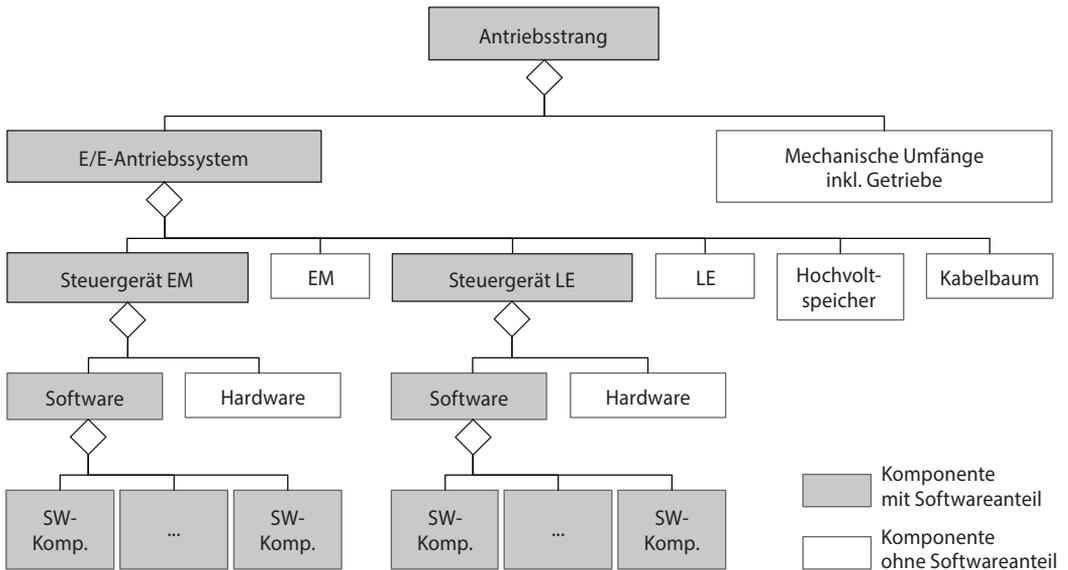


Abb. 1–2 Struktur des elektrischen Antriebsstrangs

Da der gesamte elektrische Antriebsstrang sehr umfangreich ist, konzentrieren sich die Beispiele im Folgenden auf das Feature *Tempomat*. BEC hat den Tempomaten zu Projektbeginn grob beschrieben:

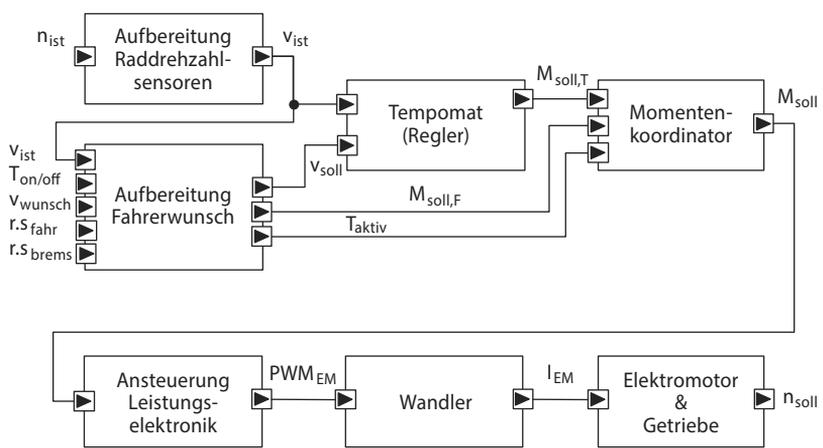
Feature Tempomat

- Es handelt sich um einen reinen Geschwindigkeitsregler, nicht um einen Abstandsregeltempomaten.
- Die Geschwindigkeitsregelung erfolgt ausschließlich über den elektrischen Antrieb. Ein Bremsengriff durch den Tempomaten ist nicht vorgesehen.
- Der Fahrer kann den Tempomaten über das Multifunktionslenkrad aktivieren und deaktivieren. Beim Aktivieren stellt er die Wunschgeschwindigkeit ein. Während der Tempomat aktiv ist, kann er die Wunschgeschwindigkeit ändern.
- Eine Betätigung des Fahrpedals über die aktuell eingestellte Wunschgeschwindigkeit hinaus (z.B. zum Beschleunigen) unterbricht die Geschwindigkeitsregelung des Tempomaten. Sobald die Fahrpedalstellung wieder unter diesen Wert fällt, nimmt der Tempomat die Geschwindigkeitsregelung wieder auf.

- Eine Betätigung der Bremse durch den Fahrer deaktiviert den Tempomaten sofort.
- Aus Komfortgründen ist die Beschleunigung durch den Tempomaten auf 4 m/s^2 limitiert.

Eddison Electronics hat anhand der Beschreibung von BEC eine Systemanforderungsspezifikation verfasst (siehe Anhang D) und auf dieser Basis eine funktionale Systemarchitektur erarbeitet – einschließlich verfeinerter Anforderungen an die Systembestandteile (ebenfalls im gleichen Anhang). Abbildung 1–3 zeigt die funktionale Architektur des Features Tempomat.

Abb. 1–3
Funktionale Architektur
der Tempomatfunktion



Das Feature Tempomat besteht aus sieben Architekturelementen:

- *Aufbereitung Raddrehzahlsensoren* wertet die Messwerte der Drehzahlsensoren an den vier Rädern aus und berechnet daraus die Ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs.
- *Aufbereitung Fahrerwunsch* bereitet den Fahrerwunsch (z.B. die Wunschgeschwindigkeit und den Status des Bremspedals) auf. Dieses Element wertet aus, ob der Tempomat aktiv ist, und liefert die Soll-Geschwindigkeit für den Tempomaten.
- *Tempomat (Regler)* berechnet auf Basis von Soll- und Ist-Geschwindigkeit das Soll-Drehmoment des Motors.
- *Momentenkoordinator* ermittelt das richtige Soll-Drehmoment, abhängig davon, ob der Tempomat aktiv ist oder nicht.
- *Ansteuerung Leistungselektronik* leitet aus dem Soll-Drehmoment die nötige Ansteuerung des Elektromotors ab.
- Der *Wandler* setzt die Ansteuerung in einen konkreten Stromfluss um.
- Der *Elektromotor* treibt über ein integriertes Getriebe die Räder an.

Die kleinen Kästen an den Rändern der Architekturelemente in Abbildung 1–3 stellen die Schnittstellen dar. Das Dreieck im Kästchen zeigt die Signalrichtung an und markiert eine Schnittstelle als Sender bzw. Empfänger von Daten. Die an den Schnittstellen übertragenen Signale sind in Tabelle 1–1 genauer beschrieben.

Signal	Beschreibung
I_{EM}	Stromstärke des Stromflusses zum Elektromotor
M_{soll}	Konsolidiertes Soll-Drehmoment
$M_{soll,F}$	Soll-Drehmoment auf Basis des Fahrpedals
$M_{soll,T}$	Soll-Drehmoment auf Basis des Tempomatreglers
n_{ist}	Werte der vier Raddrehzahlsensoren
n_{soll}	Raddrehzahl nach Elektromotor und Getriebe
PWM_{EM}	Pulsweitenmodulationssignale zur Ansteuerung des Elektromotors
$r.s_{brems}$	Stellung des Bremspedals
$r.s_{fahr}$	Stellung des Fahrpedals
T_{aktiv}	Tatsächlicher Aktivitätsstatus des Tempomaten
$T_{on/off}$	Fahrerwunsch zum Aktivierungsstatus des Tempomaten (an/aus)
v_{ist}	Aktuelle Geschwindigkeit des Fahrzeugs
v_{soll}	Soll-Geschwindigkeit des Fahrzeugs für den Tempomaten
v_{wunsch}	Wunschgeschwindigkeit des Fahrers für den Tempomaten

Tab. 1–1

Signale der
Tempomatfunktion

1.3.3 Einzuhaltende Standards

BEC erwartet, dass Eddison Electronics nach dem Stand der Technik entwickelt, der unter anderem durch Normen und Standards definiert ist. Hier sind drei für die Fahrzeugentwicklung zentrale Standards hervorgehoben, auf die Kapitel 3 ausführlicher eingeht.

Entwicklung nach
Stand der Technik

- Der Entwicklungsprozess bei Eddison Electronics muss konform zu Automotive SPICE (siehe Abschnitt 3.1) sein. BEC hat sich auf den VDA-Scope festgelegt und erwartet, dass im Projekt für diese Prozesse die Fähigkeitsstufe 2 erreicht wird. Der VDA-Scope ist im Anhang in Abschnitt B.2 dargestellt.
- Da es sich bei dem elektrischen Antriebsstrang des ULV um ein sicherheitskritisches System handelt, muss Eddison Electronics bei der Entwicklung die Anforderungen der ISO 26262 berücksichtigen (siehe Abschnitt 3.2).
- Bei der Entwicklung der Steuerungssoftware muss Eddison Electronics konform zum AUTOSAR-Standard (siehe Abschnitt 3.3) vorgehen.

Darüber hinaus gibt es noch viele weitere Normen und Standards, die für das Projekt relevant sind. Kapitel 3 führt einige davon auf.

1.3.4 Beteiligte Personen

Die folgenden Personen sind bei Eddison Electronics im Projekt tätig:

■ **Karsten, Kaufmännischer Leiter**

Karsten ist neben seinen kaufmännischen Aufgaben auch für die Steuerung und Überwachung der Zulieferer zuständig (Supplier Monitoring).

■ **Petra, Projektleiterin**

Petra ist die Gesamtprojektleiterin für das Projekt *ULV* und zentrale Ansprechpartnerin für BEC.

■ **Lars, Leiter der Entwicklungsabteilung**

Lars ist in seiner Funktion als Entwicklungsleiter auch Process Owner für den Produktentwicklungsprozess bei Eddison Electronics.

■ **Thorsten, Teilprojektleiter**

Thorsten verantwortet das Teilprojekt *Tempomat*.

■ **Stefan, Safety Manager**

Stefan ist u.a. für das Sicherheitskonzept der Tempomatfunktion verantwortlich. Bei seiner Arbeit wird er von einem Expertenteam unterstützt.

■ **Quentin, Qualitätsmanager**

Quentin ist für die Qualitätssicherung, das Konfigurationsmanagement und das Änderungsmanagement verantwortlich. Er ist Provisional ASPICE-Assessor und unterstützt das Projekt bei der Vorbereitung des Assessments.

■ **Thomas, Testmanager**

Thomas verantwortet alle Testaktivitäten im Projekt bei Eddison Electronics. Da Eddison Electronics einen Teil der Testaktivitäten an externe Dienstleister vergeben hat, koordiniert er auch die Aktivitäten bei den Dienstleistern.

■ **Tim, Softwaretester**

Tim führt die Tests für die Tempomatfunktion durch.

■ **Erika, Entwicklerin**

Erika entwickelt die Software der Tempomatfunktion.

■ **Simon, System- und Softwarearchitekt**

Simon ist als Chefarchitekt für die Plattformarchitektur verantwortlich und hat die konkrete System- und Softwarearchitektur für den Antriebsstrang im Projekt *ULV* abgeleitet.

■ **Rolf, Anforderungsmanager**

Rolf ist für das Requirements Engineering und das Requirements Management verantwortlich. Er ist Autor der Anforderungsspezifikation des Antriebsstrangs (siehe Anhang D).

■ **Rudi, Releasemanager**

Rudi ist für die zeitliche und inhaltliche Aussteuerung der Releases zuständig.