



Stefan Mathias Baumann

Wirtschaftliche und technologische Analyse von innovativen Ansätzen in der Getriebe- und Hybridkalibrierung

Diplomarbeit

Wirtschaftsingenieurwesen - Maschinenbau
Verkehrstechnik
F748

Technische Universität Graz
Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, Oktober 2012

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Mein Dank gilt vor allem der AVL List GmbH, der Abteilung DST – Getriebe- und Hybridkalibrierung, sowie Herrn Dipl.-Ing. Gerhard Kokalj, für die Möglichkeit meine Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit der Industrie durchzuführen. Besonders für die Unterstützung in allen Belangen und zu jeder Zeit gilt mein Dankeschön den Herren Dipl.-Ing. (FH) Peter Egger und Dipl.-Ing. (FH) Patrick Schatz. Für die hervorragende Unterstützung des gesamten Fachteams bedanke ich mich ebenso wie bei Patricia Triebel für jegliche Hilfeleistung bei administrativen Angelegenheiten.

Weiters möchte ich mich beim Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung sowie Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.tech. Christian Ramsauer für die Betreuung bedanken. Dieser Dank gilt ebenso meinen beiden Betreuern Dipl.-Ing. Georg Premm und Dipl.-Ing. Mario Kleindienst.

Mein ganz besonderes Dankeschön widme ich meinen Eltern Kuno und Hanna Baumann, die mir mein Studium ermöglichten und mich immer unterstützten. Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Schwester Petra Baumann sowie meiner Tante Gabriella Baumann bedanken, die mir ebenfalls immer mit Rat und Tat zur Seite standen.

Kurzfassung

Unterschiedliche innovative Ansätze der AVL List GmbH, aus dem Bereich der Getriebe- und Hybridkalibrierung werden in dieser Arbeit einer technologischen sowie wirtschaftlichen Analyse unterzogen. Ziel ist es, Potentiale von neuen Methoden in einer frühen Phase der Entwicklung aufzuzeigen und objektiv darzustellen. Aus diesem Grund wird versucht eine möglichst einfache und nachvollziehbare Form einer ökonomischen Bewertung zu finden, um eine Anwendbarkeit der Vorgehensweise auch für zukünftige innovative Ansätze sicherzustellen.

Drei Ansätze der AVL wurden einander gegenübergestellt und beurteilt. Bei diesen Ansätzen handelt es sich um folgende innovative Methoden: Modellbasierte Betriebsstrategie, Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid und Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer bzw. -reichweite. An diesen Ansätzen wurden betriebswirtschaftliche Methoden angewandt, um in weiterer Folge eine Entscheidungsgrundlage zu schaffen, ob und welcher dieser Ansätze tatsächlich weiterverfolgt wird. Eine anschließende Handlungsempfehlung gibt Auskunft über die Sinnhaftigkeit der Realisierung eines der innovativen Ansätze.

Bei der wirtschaftlichen und technologischen Analyse wird folgendermaßen vorgegangen: Für jede der drei neuen Methoden wurde eine Ist-Analyse durchgeführt. Bezugnehmend auf diese Erhebung wurde eine Nutzwertanalyse erstellt. Der resultierende Nutzwert pro Ansatz wird in einem Portfolio mit den für eine Umsetzung anfallenden Investitionskosten in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis daraus bildet die Grundlage für die Entscheidung, welcher der drei Ansätze einer detaillierten Analyse unterzogen werden soll.

Anhand dieses Vorgehens ist der innovative Ansatz Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid der am besten bewertete Ansatz. Zugleich besitzt dieser die geringsten Investitionskosten. Aus diesem Grund wurden hierfür, im Rahmen eines Business-Case, die Absatzmärkte, die unterschiedlichen Business-Models, eine statische Finanzplanung, die Chancen und Risiken sowie der daraus resultierende Kundennutzen ermittelt. Aus dieser detaillierten Betrachtung wurde im Anschluss eine Handlungsempfehlung abgeleitet, die wiederum als Entscheidungsgrundlage dient, ob der Ansatz bis zur Marktreife entwickelt und realisiert wird oder nicht.

Zusammenfassend lässt sich Folgendes sagen: Das Einsparungspotential des gewählten innovativen Ansatzes ist im Verhältnis zur konventionellen Methode höher als durch eine subjektive Einschätzung von AVL-Experten erwartet. Zugleich ist das notwendige Kapital zur Umsetzung dieser Idee weitaus geringer als angenommen.

Abstract

The thesis at hand investigates different innovative approaches of AVL List GmbH in the area of transmission- and hybrid calibration. A technological as well as an economic analysis are conducted in order to present and evaluate the potential of new methods in an early state of development. Hence, a preferably simple and comprehensible kind of economic evaluation has to be established, in order to guarantee its applicability for future innovative approaches.

Three approaches of AVL List GmbH were confronted and assessed, including model-based operational strategy, offline calibration diagnosis hybrid, and methods for increased battery life and range. Economic methods were used to develop a basis for decision-making on whether and which innovative approach should be developed further. Relating to this, a recommendation for action is presented, that will point the client towards the most advantageous approach.

The procedure for this evaluation was as follows: For each of the three innovative methods, an as-is-analysis, which includes an extensive inspection of each innovative approach, was conducted. On the basis of this evaluation, a cost-utility analysis was generated. Information about every approach's utility value was rendered into a portfolio and contrasted with the investment costs for the realization of each approach.

The innovative approach of offline calibration-diagnosis-hybrid was found to be the best and most profitable approach. Therefore, in the terms of a business case, business markets, different business models, static budgeting, opportunities and risks, as well as the customer's benefit were ascertained. Afterwards, a recommendation for action was derived which clearly stated that the offline calibration-diagnosis-hybrid should be developed further towards marketability.

To summarize, the potential savings of the best innovative approach (offline calibration-diagnosis-hybrid), when compared to a conventional method, are much higher than expected by AVL experts. At the same time, the costs of the realization of the approach chosen are much smaller than expected.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Die Unternehmung AVL List GmbH.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	5
2	Innovation.....	7
2.1	Grundlagen zu Innovation	7
2.1.1	Begriffsdefinition Innovation	7
2.1.2	Merkmale der Innovation.....	9
2.2	Innovationsprozess	10
2.2.1	Innovationsprozess nach Cooper.....	10
2.2.2	Innovationsprozess nach Brockhoff	13
2.2.3	Innovationsprozess nach Thom	14
2.3	Basisstrategien.....	20
2.3.1	Wettbewerbsstrategie nach Porter	21
2.3.2	Produkt-Markt-Strategien	23
2.3.3	Strategisches Timing.....	25
2.4	Strategische Basisanalysen	26
2.4.1	Die SWOT-Analyse	26
2.4.2	Die GAP-Analyse	27
2.4.3	Die Szenario-Analyse.....	28
2.4.4	Die Portfolio-Analyse.....	29
3	Grundlagen Hybridfahrzeuge	30
3.1	Motivation für den Bau von Hybridfahrzeugen	30
3.2	Klassifizierung von Hybridfahrzeugen	33
3.2.1	Serieller Hybridantrieb.....	35
3.2.2	Paralleler Hybridantrieb.....	36
3.2.3	Leistungsverzweigter Hybridantrieb	36
4	Innovative Ansätze und Methoden der AVL	40
4.1	Modellbasierte Betriebsstrategie	40

4.2	Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid	49
4.3	Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer/ -reichweite	57
4.4	Zusammenfassung der innovativen Ansätze	63
5	Bewertungssystem	64
5.1	Die Nutzwertanalyse	64
5.2	Bewertungskriterien und Durchführung der Bewertung	68
5.3	Ergebnis der Bewertung	71
5.3.1	Ergebnis der Nutzwertanalyse	72
5.3.2	Investitionskosten	73
5.3.3	Empfehlung	75
5.4	Zusammenfassung des Bewertungsverfahrens	77
6	Business-Case	79
6.1	Absatzmärkte	81
6.1.1	Entwicklung der Hybridbranche	82
6.1.2	Zielkunden	85
6.1.3	Wettbewerb	89
6.2	Business-Models	95
6.2.1	Business-Model 1 – Die Dienstleistung	97
6.2.2	Business-Model 2 – Produkt	101
6.2.3	Business-Model 3 – Dienstleistung + Produkt	102
6.3	Statische Finanzplanung	102
6.3.1	Break-Even-Analyse	103
6.3.2	Return on Investment	108
6.3.3	Zusammenfassung der Kennzahlen	109
6.4	Chancen & Risiken	110
6.5	Kundennutzen	111
6.6	Handlungsempfehlung	113
7	Zusammenfassung und Ausblick	114
	Literaturverzeichnis	118
	Internetquellenverzeichnis	121

Abbildungsverzeichnis	123
Tabellenverzeichnis	125
Abkürzungsverzeichnis	126
Anhang	i

1 Einleitung

Das erste Kapitel beschreibt die Unternehmung AVL List GmbH und gibt einen kurzen Überblick über ihr Tätigkeitsfeld. Weiters wird die Abteilung DST – Getriebe- und Hybridkalibrierung beschrieben, in welcher diese Arbeit entsteht. Im Anschluss wird auf die Aufgabenstellung, Zielsetzung sowie die Vorgehensweise dieses Werkes eingegangen.

1.1 Die Unternehmung AVL List GmbH

Die AVL List GmbH ist die weltweit größte private Unternehmung für die Entwicklung von Antriebssystemen mit Verbrennungsmotoren sowie Mess- und Prüftechnik. Weil die Unternehmung in privater Hand ist, kann diese unabhängig und eigenständig agieren. Diese Unabhängigkeit ist einer der grundlegenden Werte der AVL List GmbH.¹

Die Erfahrung des Unternehmens reicht über 60 Jahre zurück. 1946 begann Prof. Dr. Hans List mit seiner selbständigen Ingenieurstätigkeit und schloss sich 1948 unter seiner Leitung mit mehreren Technikern zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammen. Das IBL (Ingenieurbüro List) war damit gegründet und beschäftigte sich mit der Entwicklung von Dieselmotoren. 1951 wurde aus dem IBL die AVL, Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen, Prof. Dr. Hans List und in weitere Folge die AVL List GmbH.²

Im Laufe der Jahre entwickelte die AVL List GmbH, vorerst nur für den Eigenbedarf, Messgeräte, die in weiterer Folge das zweite Standbein der Unternehmung wurden. Die dritte Säule der Firma bilden seit 1997 Software-Produkte, die in der AVL Advanced Simulation Technologies entwickelt werden.³

Wie aus der Historie hervorgeht, ist das Unternehmen in drei Bereiche aufgeteilt:

- **Powertrain Engineering (PTE)**⁴

AVL Powertrain Engineering entwickelt innovative Antriebssysteme. Diese reichen von der Verbrennungskraftmaschine über elektrische Antriebe, alternative Kraftstoffe, Steuerungssoftware bis hin zu Getriebe und Batterien.

¹ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

² Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

³ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

⁴ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

- **Instrumentation & Test Systems (ITS)⁵**

Mit diesem Geschäftsbereich bietet die AVL List GmbH ein umfangreiches und integriertes Produktportfolio für Simulation-, Prüf- und Testsysteme an. Ziel ist Effizienzsteigerungspotentiale im Entwicklungsprozess zu erschließen sowie innovative Technologien für die Elektrifizierung des Antriebsstranges schnell marktreif zu machen.

- **Advanced Simulation Technologies (AST)⁶**

Hier steht die Entwicklung von multi-dimensionalen Simulationsplattformen, die auf dem jahrzehntelangen Wissen und Know-how aus dem Engineering-Bereich beruhen, im Vordergrund.

Einen Überblick über die Organisationsstruktur kann der folgenden Grafik entnommen werden.

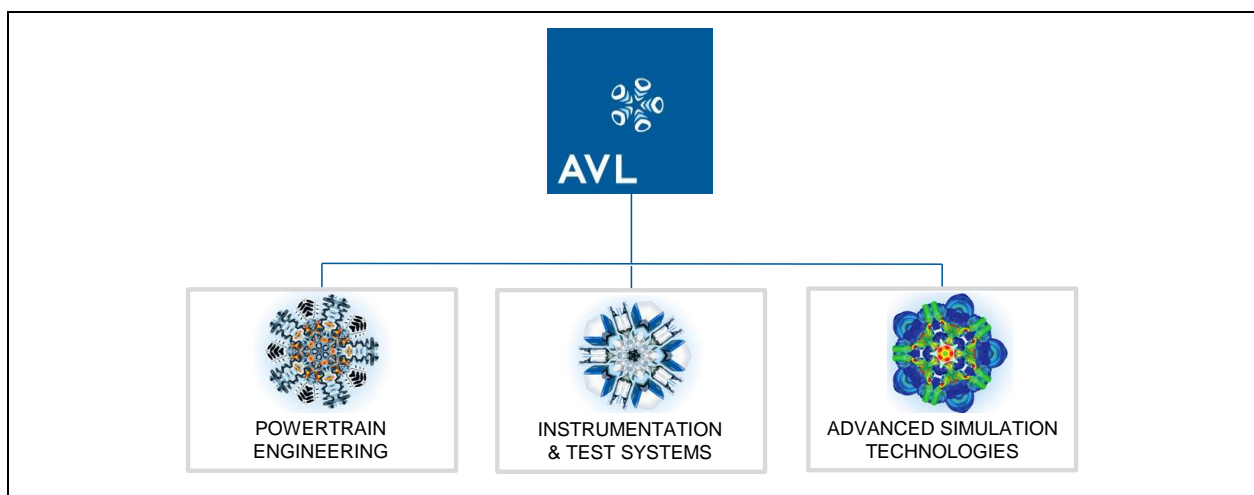


Abbildung 1-1: Die AVL List GmbH⁷

Geführt wird die Unternehmung, die aus insgesamt 45 AVL-Gesellschaften besteht, vom Vorsitzenden der Geschäftsleitung Prof. Dr. h.c. Helmut List. Zur Zeit sind etwa 5250 Mitarbeiter in der gesamten Unternehmung beschäftigt, von denen circa 2500 im Headquarter Graz tätig sind. Vom Gesamtumsatz, der sich im Jahre 2011 auf 830 Millionen Euro belief, fließen circa 12,5% in die Forschung und Entwicklung zurück.⁸

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird die AVL List GmbH vereinfacht mit AVL bezeichnet.

⁵ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

⁶ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

⁷ Vgl. In Anlehnung an www.avl.com, Zugriffsdatum 03.04.2012

⁸ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum 03.04.2012

Die Gestaltung und Durchführung dieser Diplomarbeit findet im Bereich PTE statt, genauer gesagt in der Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung (DST).

Im Weiteren wird diese Abteilung kurz beschrieben, um dann im Anschluss auf die eigentliche Aufgabenstellung einzugehen.

Die Abteilung DST – Getriebe- und Hybridkalibrierung

Die Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung, (DST), ist der Sparte *Powertrain Engineering* eingegliedert. Das ursprüngliche Kerngeschäft dieser Sparte - die Motorenentwicklung - wurde im Laufe der Jahre um den gesamten Antriebsstrang erweitert. Im Jahr 2005 wurde eine eigene Abteilung gegründet, die sich auf die Kalibrierung von Automatikgetrieben, automatisierten Schaltgetrieben, Hybridfahrzeugen und neuerdings auch von Elektrofahrzeugen spezialisiert hat. Die Aufgabe der Getriebekalibrierung war zuvor einer anderen Abteilung zugeordnet. Aufgrund der gestiegenen Bedeutung der Getriebekalibrierung und der damit verbundenen Potentiale entstand das eigenständige Fachteam Getriebe- und Hybridkalibrierung. Die Abteilung besteht heute aus ca. 35 Kalibrationsingenieuren sowie mehreren studentischen Mitarbeitern.⁹

Die Aufgabengebiete von DST gliedern sich in insgesamt vier Lead-Gruppen:

- Base Calibration/ Shift Quality Transmission
- Diagnosis and Interface Calibration/ Function Development
- Operation Strategy Calibration
- Advanced Methodology

Die Lead-Gruppe Base Calibration beschäftigt sich im Getriebebereich mit der Kalibrierung von Hardwarekomponenten sowie der Kalibrierung des Getriebes am Prüfstand. Bei Hybridfahrzeugen werden die Basiskalibrierungen der einzelnen Komponenten und u.a. auch die Start/ Stop-Funktionen implementiert.

Der Bereich Diagnosis and Interface Calibration/Function Development ist für unterschiedliche Diagnosefunktionen bei Getrieben sowie bei Hybridfahrzeugen verantwortlich. Weiters beschäftigt sich diese Gruppe mit der Kommunikation der

⁹ Vgl. AVL interne Quelle: DST

einzelnen Bauteile des Getriebes sowie der Hybridkomponenten. Rapid Prototyping-Entwicklungen innerhalb der Abteilung unterliegen ebenfalls dieser Lead-Gruppe.

Bei Operation Strategy Calibration Transmission and Hybrid/ Hybrid Mode Transition wird u.a. bestimmt, wie und wann Modi bei Hybridfahrzeugen gewechselt bzw. wann und wie Schaltvorgänge durchgeführt werden. Des Weiteren werden auch die Interaktionen, die zwischen Getrieben und dem gesamten Antriebsstrang auftreten, berücksichtigt und kalibriert.

Advanced Methodology ist für die Methodikentwicklung und F&E Angelegenheiten, die innerhalb der Themengebiete Getriebe- und Hybridkalibrierung auftreten, verantwortlich.

Unabhängig von den einzelnen Lead-Gruppen existieren außerdem abteilungsübergreifende Core-Teams. Diese beschäftigen sich mit folgenden Themen:

- Advanced Functions
- Driveability
- Hybrid Functions
- Project Development

Die einzelnen Core-Teams sollen in Ihrem Themengebiet den Erfahrungsaustausch zwischen den jeweiligen Projekten und den zugehörigen Teams fördern und sind für diesen auch verantwortlich. Im Zuge dessen sollen auch neue Ideen und Funktionen innerhalb der Antriebsstrangkalibrierung verbessert und neue Tools entwickelt werden. Weiters sind die Core-Teams für die Entwicklung der Methoden wie auch für den Support der verwendeten Tools mitverantwortlich.¹⁰

Um die eigentliche Aufgabe der Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung besser verständlich zu machen, folgt ein kurzer Überblick über das Thema Kalibrierung:

„Duden definiert Kalibrieren als das Überprüfen von Messinstrumenten auf die Korrektheit der von ihnen gemessenen Werte hin. Ebenso wird darunter das Ausrichten von Werkstücken auf ein genaues Maß verstanden.“¹¹

¹⁰ AVL interne Quelle: desktop.avl.com (03.04.2012)

¹¹ Duden online, Zugriffsdatum 24.10.12

Die AVL definiert Kalibrieren im Rahmen ihrer Anwendung folgender Maßen: Kalibrieren ist das Optimieren von Parametern in den Steuergeräten um ein optimales Zusammenspiel zwischen den Hardwarekomponenten des Antriebsstranges sicherzustellen. Im gesamten Antriebsstrang sind über zwanzigtausend Parameter aufeinander abzustimmen. Wie und in welcher Qualität diese Variablen zusammenspielen, ist entscheidend für die Charakteristik des Gesamtfahrzeuges. Mit der Wahl der Parameter, die kalibriert werden, wird auch das spätere Verhalten bzw. die Eigenschaften der jeweiligen Komponenten bzw. des Gesamtfahrzeuges festgelegt. Durch die Optimierung des Gesamtsystems werden Kundenanforderungen, wie Fahrkomfort und Fahrbarkeit verbessert, der Kraftstoffverbrauch und der CO₂-Ausstoß reduziert sowie länder- und marktspezifische Anforderungen erfüllt.¹² Die Abstimmung der einzelnen Datensätze ist komplex und aufwändig. Durch die Verwendung AVL-eigener Tools, Programme und Methoden ist es jedoch möglich, den Kalibrationsaufwand verhältnismäßig einfach und effizient zu gestalten.

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ausgangslage dieser Arbeit sind drei innovative Ansätze der AVL List GmbH. Betrachtet werden hier neue Methoden, die speziell für die Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung relevant sind. Es handelt sich hierbei um Ansätze, die für verschiedene Problemstellungen zum Einsatz kommen können, wobei das Augenmerk auf Hybridfahrzeugen und alternativen Antriebskonzepten liegt. Geht man von den drei Phasen des Innovationsmanagement aus, Ideengenerierung – Ideenakzeptierung – Ideenrealisierung¹³, ist der Einstieg dieser Diplomarbeit bei der Ideenakzeptierung. Die Ideengenerierung für relevante Problemstellungen ist Aufgabe der AVL bzw. im Weiteren Aufgabe der Abteilung. Die bestehenden Lösungsvorschläge werden innerhalb dieser Arbeit im Rahmen einer Ideenakzeptierung untersucht. Mittels eines Bewertungsfilters soll der vorteilhafteste Ansatz aus Sicht der AVL ermittelt werden. Dieses Vorgehen sieht vor, dass der beste innovative Ansatz sowohl wirtschaftlich als auch technologisch aufbereitet werden soll, um im Anschluss eine Handlungsempfehlung abzugeben. Der gesamte Ablauf ist in Abbildung 1-2 dargestellt.

¹² Vgl. AVL interne Quelle: Besprechungsprotokoll, Egger, P.; Schatz, P. (03.08.2012)

¹³ Vgl. Thom (1980), S. 53

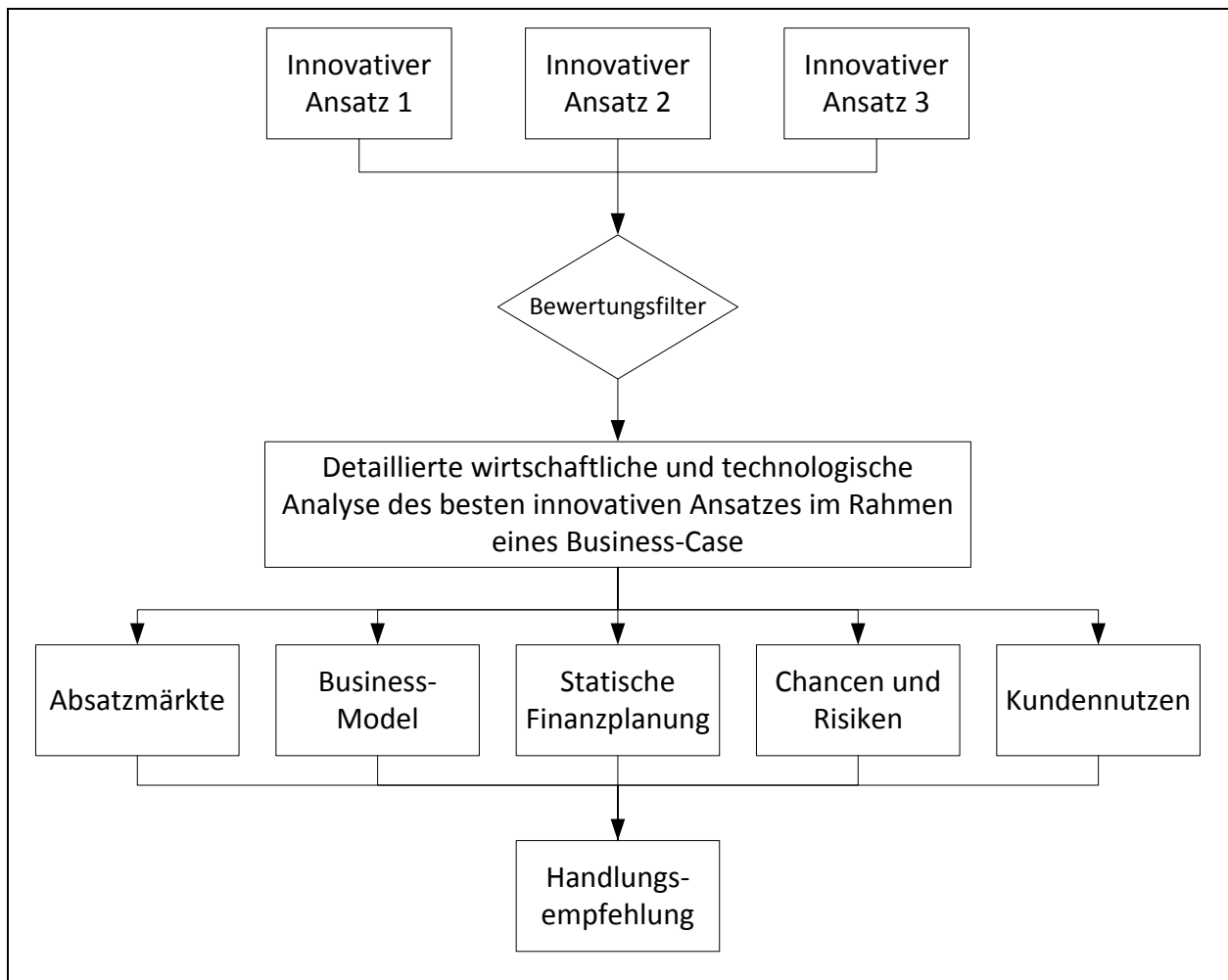


Abbildung 1-2: Ablaufschema der Diplomarbeit¹⁴

Zum Abschluss dieses Vorgehens folgt eine Handlungsempfehlung an die Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung bzw. im weiteren Sinne an die AVL List GmbH.

Als weiterer Output dieser Diplomarbeit soll ein Leitfaden bzw. eine „standardisierte“ Vorgehensweise hervorgehen, mit der innovative Ansätze erarbeitet und verwirklicht werden können. Hier sollen Anregungen erfolgen, wie man neue Ideen generiert und wie mit diesen in weiterer Folge umgegangen werden soll, um das jeweilige Potenzial abzuschätzen.

¹⁴ Vgl. Hberfellner, R.; et al. (2002) S.15

2 Innovation

Um den raschen Veränderungen am Markt gerecht zu werden bzw. diesen folgen zu können, müssen Unternehmungen in der Lage sein auf diese Dynamik entsprechend einzugehen. Dies ist eine Voraussetzung um dauerhaft am Markt zu bestehen. Da die langfristige Überlebensfähigkeit eines der obersten Unternehmungsziele ist, muss auf auftretende Veränderungen des Umfeldes mit zielgerichtetem Handeln reagiert werden. Durch die Globalisierung der Märkte, den verstärkten Konkurrenzdruck und die dynamische Technologieentwicklung bietet der Begriff Innovation angewendet auf die eigene Unternehmung eine Möglichkeit, diesen Anforderungen gerecht zu werden und sich auf dem Markt zu etablieren.¹⁵

2.1 Grundlagen zu Innovation

Da der Begriff Innovation heutzutage sehr oft vorkommt, wird im folgenden Kapitel auf die Grundlagen der Innovation und des Innovationsmanagements eingegangen.

2.1.1 Begriffsdefinition Innovation

Der Begriff Innovation wurde von einer Person entscheidend geprägt: Joseph A. Schumpeter. Auf ihn geht unter anderem die Differenzierung zwischen Innovation, Invention, Modifikation und Imitation zurück.¹⁶

Innovation

Der Begriff „Innovation“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet so viel wie „Erneuerung“. Bei dieser Definition wird jede Art von Erneuerungsprozess miteinbezogen. Es gilt klar zwischen Innovation und Invention zu unterscheiden. Nach Schumpeter ist die Innovation ein Prozess der ökonomisch erfolgreichen Anwendung von Inventionen.

¹⁵ Vgl. Wohinz (2003) S. 107ff

¹⁶ Vgl. Wohinz (2003) S. 107f

Invention

Die Invention gilt als die Erfindung an sich. Die Erfindung an sich ist wiederum ein unmittelbar notwendiger erster Schritt für ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung.

Modifikation

Eine Modifikation in diesem Kontext wird als jede physische Änderung bezeichnet, die nicht im Zusammenhang mit einer Erweiterung der Basis naturwissenschaftlich-technischen Wissens steht. Dazu zählen u.a. Ausstattungsänderungen, Qualitätsverbesserungen, Aufmachungsänderungen usw. Im Gegensatz zu Innovationen ist hier das Risiko, in Verbindung mit niedrigeren Investitionskosten, oft wesentlich geringer.

Imitation

Eine Imitation beschreibt eine Nachbildung, meist in minderwertigerer Qualität als das Original. Jedoch basieren Imitationen auf bereits markterprobten Innovationen. Durch die erfolgreiche Anwendung von Innovationen auf eigene Produkte oder Dienstleistungen und unter Berücksichtigung der Schwachstellen des Originals, können eigene ökonomische Vorteile in beträchtlicher Höhe erzielt werden.

Schumpeter beschäftigte sich mit in seinem Buch „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ mit der Gestaltung erfolgreicher Unternehmungen und unterscheidet insgesamt fünf Fälle von Durchsetzungen neuer Kombinationen:¹⁷

- *Herstellung eines neuen, dem Konsumenten noch nicht vertrauten Gutes oder einer neuen Qualität eines Gutes.*
- *Einführung einer neuen, dem betreffenden Industriezweig noch nicht praktisch bekannten Produktionsmethode.*
- *Erschließen eines neuen Absatzmarktes, auf dem der jeweilige Industriezweig des betreffenden Landes noch nicht eingeführt war.*
- *Eroberung einer neuen Bezugsquelle, z.B. von Rohstoffen oder Halbfabrikaten.*
- *Durchführung einer Neuorganisation, z.B. Schaffung einer Monopolstellung oder Durchbrechen eines Monopols.*

¹⁷ Schumpeter (1911) S. 100f.

2.1.2 Merkmale der Innovation

Die typischen Merkmale einer Innovation können nach N. Thom in folgende Punkte gegliedert werden:¹⁸

Neuigkeitsgrad

Das Ausmaß der Erneuerung ist das wesentliche Merkmal einer Innovation. Mit dem Neuigkeitsgrad wird oft auch der Fortschritt bzw. die Erfindungshöhe beschrieben. Dieser liefert Aussagen darüber, wie groß die Verbesserung im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik ist. Mit steigendem Neuigkeitsgrad wachsen die Gestaltungsschwierigkeiten sowie die Anforderungen an das Innovationsmanagement.

Komplexität

Die Komplexität kann als Maß für die mit der Innovation verbundenen Wirkungszusammenhänge gesehen werden. Die Durchführung innovativer Vorhaben ist ein ganzheitlicher Prozess und erfordert entsprechend der Innovation unterschiedliche Veränderungen in der Unternehmung.

Unsicherheit und Risiko

„Unter Unsicherheit ist eine Situation zu verstehen, in der für den Eintritt der relevanten Ereignisse weder subjektive (aus der Erfahrung heraus) noch objektive (statistisch ermittelbare) Wahrscheinlichkeiten angegeben werden können.“¹⁹ Dies trifft vor allem auch für Innovationsvorhaben zu. Innovationen stellen für die Unternehmung eine Novität dar und sind in die Zukunft gerichtet. Aus diesem Grund sind diese immer mit einer gewissen Unsicherheit verbunden. Das Risiko besteht insbesondere darin, dass ein gesetztes Ziel nicht oder nicht zum geplanten Zeitpunkt erreicht wird. Die deutlichste Ausdrucksform, die mit dem Scheitern verbunden ist, ist der finanzielle Schaden. Weiters kann sich dieser auch in Imageverlust, Verlust an Marktposition und dergleichen ausdrücken.

Konfliktgehalt

Aus dem Einfluss der drei zuvor genannten Merkmale ergibt sich eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Konflikten. Diese können sachlich, als Zielkonflikte, oder persönlich, als Interessenskonflikte begründet sein. Bei der

¹⁸ Vgl. Wohinz (2003), S.108f

¹⁹ Vahs; Burmester (2005), S. 52

Einführung einer Innovation muss somit das Auftreten von Konflikten berücksichtigt und gegebenenfalls Konfliktlösungspläne bereitgehalten werden.

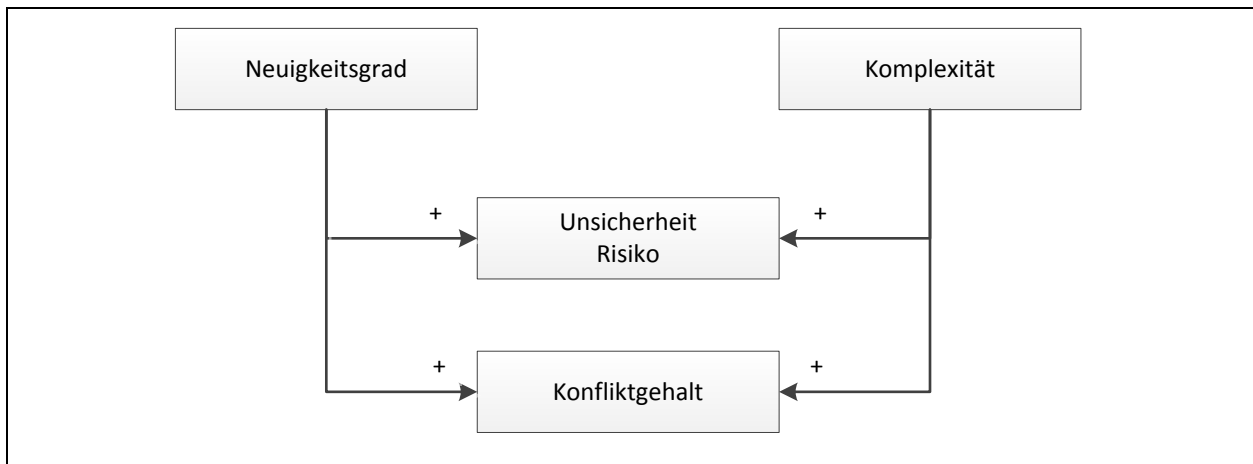


Abbildung 2-1: Die typischen Merkmale einer Innovation²⁰

Einen Überblick über das Zusammenwirken aller genannten Innovationmerkmale ist in Abbildung 2-1 dargestellt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Innovationen aufgrund ihres Neuigkeitsgrades, verbunden mit dem auftretenden Risiko und der immanenten Komplexität, ein großes Konfliktpotential entsteht.

2.2 Innovationsprozess

In der Literatur gibt es unterschiedliche Ansätze wie ein Prozess im Rahmen einer Innovation gegliedert ist. Einige der wichtigsten Vertreter, die sich ausführlich mit diesem Thema beschäftigt haben, werden in weiterer Folge angeführt.

2.2.1 Innovationsprozess nach Cooper

Dieser Prozess ist historisch bedingt durch den amerikanischen Raum geprägt und aufgrund dessen dort auch weit verbreitet²¹. Cooper definiert in seinem systematischen Prozess acht Punkte, die für die Einführung neuer Produkte zu beachten sind:²²

- Dem Innovationsprozess muss ein Qualitätsprozess hinterlegt sein
- Der Prozess muss Risikofaktoren managen können (Tore)

²⁰ Thom (1980), S. 30

²¹ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.2

²² Vgl. Cooper (2010), S.143ff

- Die Tore sind auf den Prozess neuer Produkte abgestimmt
- Paralleles Vorgehen schafft den Verbindung zwischen Qualität und Geschwindigkeit
- Der Prozess erfordert ein interdisziplinäres Team mit einem Teamleiter
- Der Prozess ist vom Markt ausgehend und ist auf den Kunden gerichtet
- Aufgaben die ehestmöglich erledigt werden können sind richtungsweisend für den Erfolg
- Ziel ist, dem Kunden überlegene und differenzierte Produkte anzubieten

Aus diesen acht Anforderungen entstand eine standardisierte Vorgehensweise, um ein Projekt effektiv und effizient von der Idee auf den Markt zu bringen. Dieser Prozess nach Cooper wird Stage-Gate-Prozess genannt. Mittlerweile existiert bereits die dritte Generation, wobei hier zunächst die zweite Generation vorgestellt wird. Der Stage-Gate-Prozess teilt den Innovationprozess in vorab definierte Abschnitte auf, die zum Teil parallel sowie bereichsübergreifend ablaufen. Jeder dieser Abschnitte (Stages) ist durch ein Tor (Gate) getrennt. Dieser Aufbau von Abschnitten und Toren führt zur Bezeichnung Stage-Gate-Prozess. In Abbildung 2-2 ist ein typisches Beispiel dargestellt.²³

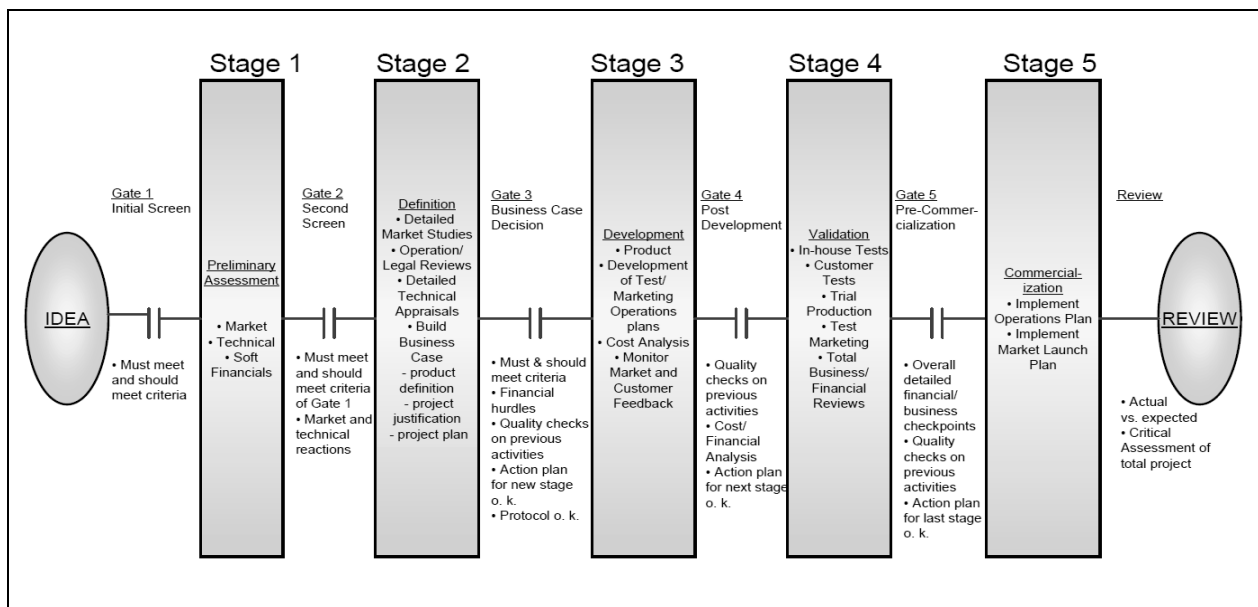


Abbildung 2-2: Stage-Gate-Prozess der zweiten Generation²⁴

²³ Vgl. Cooper (2010), S.145

²⁴ Cooper (1990), S. 46

Die Abschnitte

Der Stage-Gate-Prozess wird üblicherweise in vier bis sechs klar definierte, diskrete Abschnitte, sogenannte Stages zerlegt. Die bereichsübergreifenden Abschnitte sind so gestaltet, dass erst nach vollständiger Erfüllung der Aufgabe ein Tor passiert werden kann. Innerhalb des Abschnittes können die Aufgaben jedoch parallel ablaufen.²⁵

Die Tore

Zwischen den jeweiligen Abschnitten befindet sich ein Tor, ein sogenanntes Gate. Nach vollständiger Abarbeitung eines Abschnittes werden alle Informationen an dem darauffolgenden Gate gesammelt. Das Gate ist eine Art Checkpoint, an dem die Qualität der Arbeit kontrolliert wird und über Fortsetzung oder Abbruch des Projektes entschieden wird. Bei mehreren Alternativen wird jedem Projekt nach erfolgreichem Durchgang eines Gates eine Priorität zugeordnet. Des Weiteren werden im Anschluss die nächsten Schritte definiert.²⁶

Der Stage-Gate-Prozess der dritten Generation ist flexibler gestaltet. Die Stages und Gates dieser Generation haben eher den Charakter von Richtlinien als von konkreten Handlungsempfehlungen.²⁷ Die Abbildung 2-3 zeigt den Aufbau der letzten Evolutionsstufe.

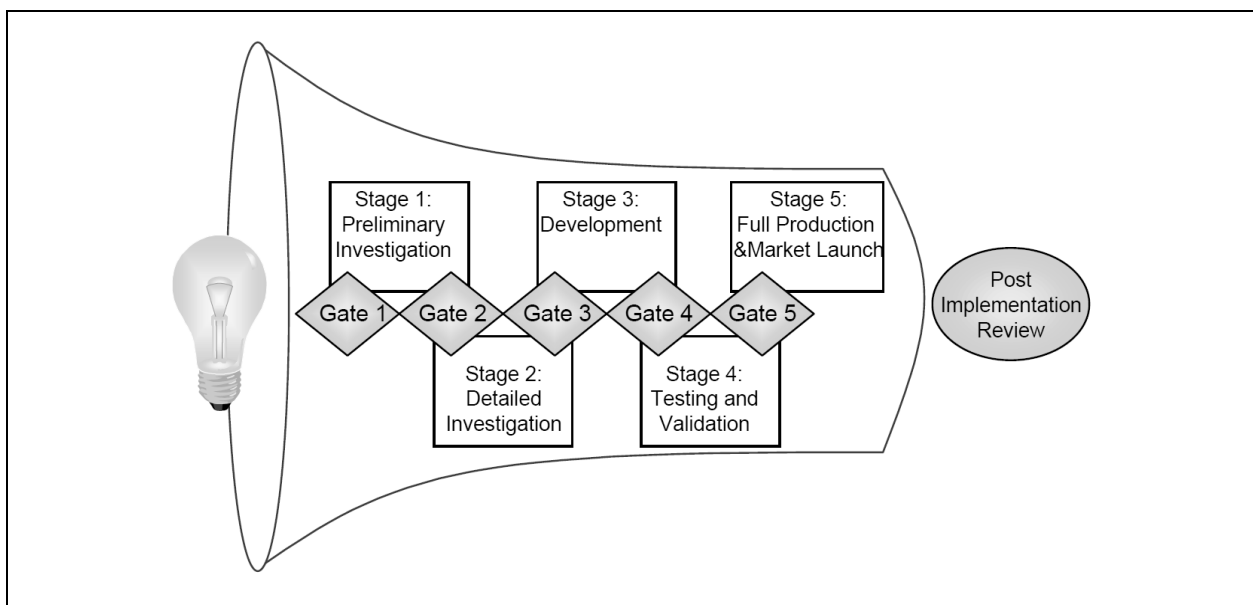


Abbildung 2-3: Stage-Gate-Prozess der dritten Generation²⁸

²⁵ Vgl. Cooper (2010), S.146f

²⁶ Vgl. Cooper (2010), S.147f

²⁷ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.4

²⁸ Cooper (1996), S. 479

Anhand der Darstellung ist zu erkennen, dass die Abschnitte teilweise überlagert sind. Ein Übergang zwischen den einzelnen Stages ist somit fließender möglich. Das Modell der dritten Generation von Cooper kommt somit der Realität viel näher, was unter anderem auch den Implementierungsaufwand verringert.²⁹

Zwei weitere Vertreter, die den Innovationsprozess geprägt haben werden im Folgenden vorgestellt. Diese sind vor allem im deutschsprachigen Raum vertreten³⁰.

2.2.2 Innovationsprozess nach Brockhoff

Das Phasenmodell nach Brockhoff ist in sechs Phasen gegliedert. Das Besondere an diesem Innovationsprozess ist die Möglichkeit einen Prozess jederzeit abzubrechen. Die Gründe für einen Abbruch können technischer oder ökonomischer Natur sein, aber auch sonstige Gründe die zum Verwerfen der Idee führen.³¹

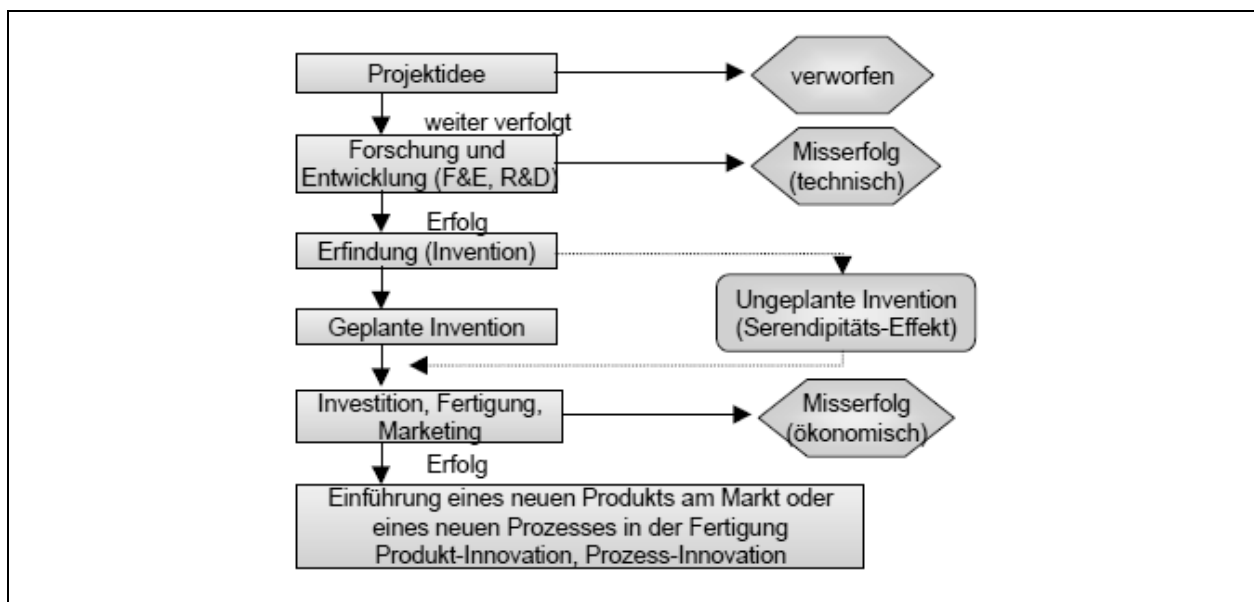


Abbildung 2-4: Phasenmodell von Brockhoff³²

Beginnend mit einer Idee wird diese, sofern sie nach der Definition nicht verworfen wird, bei einer Forschungs- und Entwicklungsstelle weiterverfolgt. Nach einer erfolgreichen Machbarkeitsstudie aus technischer Sicht entsteht eine Invention. Diese kann aus einem Vorsatz heraus oder ungeplant im Rahmen dieses Prozesses entstehen. Um aus der Invention eine Innovation zu machen, muss diese konkret verwirklicht und

²⁹ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.4f

³⁰ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.7

³¹ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.7

³² Brockhoff (1999), S.36

ökonomisch aufbereitet werden³³. Werden die ökonomischen Voraussetzungen erfüllt, kann eine erfolgreiche Umsetzung der Innovation am Markt erfolgen.

Einer der am häufigsten zitierten Vertreter des Innovationsmanagements im deutschsprachigen Raum³⁴ verfolgt einen ähnlichen Ansatz und wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

2.2.3 Innovationsprozess nach Thom

Der Innovationsprozess nach Thom umfasst drei Phasen, die sich ausgehend von einem Anstoß in:³⁵

- Ideengenerierung
- Ideenakzeptierung
- Ideenrealisierung

gliedern.

Diese drei Abschnitte sowie die auf diese einwirkenden Einflussfaktoren sind in Abbildung 2-5 veranschaulicht. Jede Hauptphase dieses Innovationsprozesses besteht wiederum aus jeweils drei Teilphasen, die nacheinander abgearbeitet werden müssen um zum nächsten Hauptschritt zu gelangen.

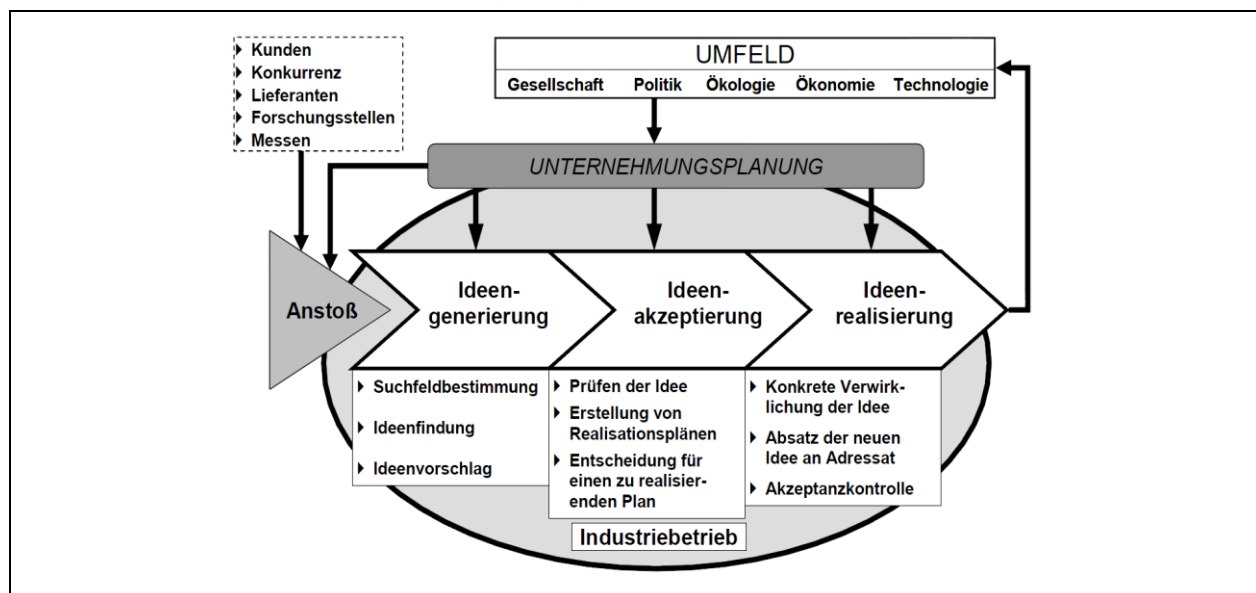


Abbildung 2-5: Der Innovationsprozess nach Thom³⁶

³³ Vgl. Wohinz (2003) S. 107

³⁴ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.7

³⁵ Vgl. Thom (1980), S. 53

³⁶ Wohinz; in Anlehnung an Thom (1980), S. 53

Wie zuvor erwähnt ist der Innovationsprozess nach Thom im deutschsprachigen Raum weit verbreitet³⁷.

In weiterer Folge, aufgrund des übersichtlichen und einfach nachvollziehbaren Aufbaus, orientiert sich die Vorgehensweise dieser Arbeit an diesem Modell. Diesbezüglich werden dieser Prozess bzw. dessen einzelne Phasen ausführlicher behandelt.

Ideengenerierung

Die Phase der Ideengenerierung besteht aus:³⁸

- Suchfeldbestimmung
- Ideenfindung
- Ideenvorschlag

In erster Linie ist hier eine hohe Anzahl an Ideenvorschlägen ausschlaggebend, auch wenn diese auf den ersten Blick noch abstrakt erscheinen. Der Grund hierfür liegt darin, dass mit einer hohen Anzahl an Ideen die Wahrscheinlichkeit, verwertbare Ideen zu finden, steigt.³⁹ Ideen können hierbei grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten generiert werden⁴⁰:

- Sammeln von Ideen

Ideen können entweder in der eigenen Unternehmung gesammelt werden oder aus externen Quellen stammen. Aus empirischen Untersuchungen geht hervor, dass circa 80% aller innovativen Produktideen in einer Unternehmung auf den Kontakt mit Kunden zurückzuführen sind.⁴¹

Die Herkunft von Ideen bzw. der Anstoß zu Innovationen kann grundsätzlich auf zweierlei Arten erfolgen: Basiert eine Idee auf einem Bedürfnis des Marktes, spricht man von einem „Demand Pull“. Hier wirkt von außen eine Kraft, die die Unternehmung dazu drängt, eine Innovation zu erbringen. Im Gegensatz dazu spricht man von einem „Technology Push“ wenn der Markt mit Innovationen aufgrund neuer Technologien und neuen technisch-wissenschaftlichen Kenntnissen initiiert wird.⁴²

³⁷ Vgl. Verworn; Herstatt (2000) S.7

³⁸ Vgl. Thom (1980), S. 53

³⁹ Vgl. Thom (1980), S. 77f

⁴⁰ Vgl. Wohinz (2003) S. 113

⁴¹ Vgl. Little (1988), S. 21

⁴² Vgl. Wohinz (2003) S. 110

- Entwickeln von Ideen

Hier werden neue Ideen bewusst erarbeitet. Dies kann grundsätzlich auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen. Einerseits systematisch-analytisch und andererseits intuitiv-spontan. Zu Ersteren zählen z.B. morphologische Methoden (morphologischer Kasten), Funktionsanalysen und der Problemlösungsbaum. Zu intuitiv-spontanen Methoden zählen unter anderem das klassische Brainstorming, die Methode 635 u.v.m.⁴³

Ideenakzeptierung

In der Phase der Ideenakzeptierung werden die zuvor generierten Ideen geprüft. Es gilt wirtschaftliche, rechtliche sowie technische Fragen zu klären, um im Anschluss Realisationspläne auszuarbeiten. Nach der Bewertung der einzelnen Ideen trifft die zuständige Instanz eine Entscheidung über den zu realisierenden Plan.⁴⁴

Die Akzeptierungsphase nimmt eine zentrale Position innerhalb des Innovationsprozesses ein. Einerseits aufgrund ihrer zeitlichen Stellung, andererseits weil hier Einfluss auf die Effizienz der zu realisierenden Alternative genommen werden kann. Es werden in dieser Phase bereits Brücken für die Ideenrealisierung und somit für die konkrete Verwirklichung des Ansatzes gelegt.⁴⁵

Wie zuvor erwähnt, erhöht eine große Anzahl an ursprünglichen Ideen die Wahrscheinlichkeit, dass eine dieser Ideen realisiert wird. Die Anzahl der Ideen sinkt in der Regel nach jeder Prüfung, auch weil die Kriterien mit jedem Schritt strenger werden.⁴⁶ Abbildung 2-6 zeigt den schematischen Aufbau einer Ideenakzeptierung. Fast noch wichtiger als die eigentliche Idee ist jedoch die Freigabe, wonach eine Idee weiterverfolgt wird und die Bereitstellung von dafür notwendigen Ressourcen⁴⁷.

⁴³ Vgl. Wohinz (2003) S. 115f

⁴⁴ Vgl. Thom (1980), S. 79

⁴⁵ Vgl. Thom (1980), S. 80f

⁴⁶ Vgl. Thom (1980), S. 77f

⁴⁷ Vgl. Rüggeberg; Burmeister, (2008) S. 26

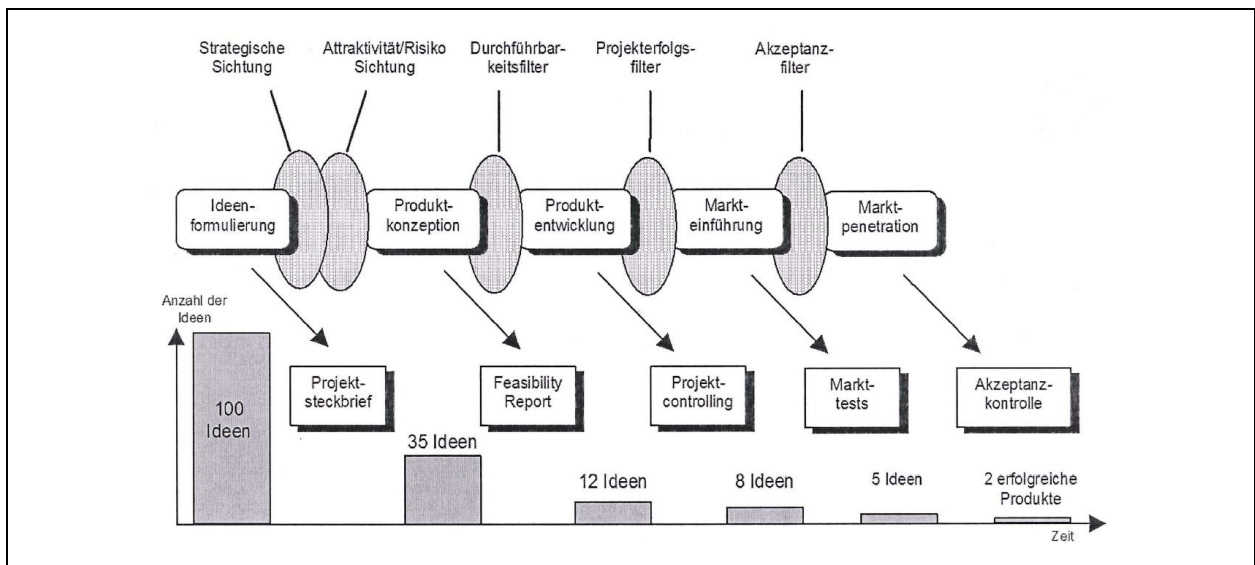


Abbildung 2-6: Phasen der Ideenakzeptierung⁴⁸

In der Phase der Ideenakzeptierung durchlaufen alle Ideen ein Screening. Werden bestimmte Kriterien, sogenannte K.O.-Kriterien, nicht erfüllt, scheiden die jeweiligen Vorschläge zu diesem Zeitpunkt aus. Alle anderen Ideen, die zum Ende des Screenings über bleiben, werden untereinander gereiht. Diese Reihung erfolgt anhand von Bewertungen inwieweit ein jeweiliger Ansatz vordefinierte Zielkriterien erfüllt. Das Bewertungsverfahren und die daraus resultierende Rangfolge der verbliebenen Ideen sind die Grundlage der verantwortlichen Instanz für die Entscheidung, welche Idee realisiert werden soll.⁴⁹

Die Phase der Ideenakzeptierung lässt sich somit auf drei Eckpunkte reduzieren:⁵⁰

- Prüfen der Idee,
- Erstellen von Realisationsplänen und
- Entscheidung für einen zu realisierenden Plan.

Die Prüfung der Ideen kann mit unterschiedlichen Bewertungsverfahren vorgenommen werden, wobei hier zwischen qualitativen und quantitativen Methoden unterschieden wird.⁵¹

⁴⁸ Steiner (1971) S.744

⁴⁹ Vgl. Steiner (1971) S.744f

⁵⁰ Vgl. Thom (1980), S. 53

⁵¹ Vgl. Wohinz (2003) S. 116ff

- Qualitative Bewertung

In der Literatur gibt es eine Vielzahl von Bewertungsverfahren. Die wichtigsten, die alle auf ähnlichen Prinzipien aufbauen, sind:

- Punktebewertung
- Sichtungsprofil
- Nutzwertanalyse

Die Punktebewertung ist ein einfaches Bewertungsverfahren, bei dem den einzelnen Ideen eine unterschiedliche hohe Anzahl an Punkten für das Erfüllen von Kriterien zugesprochen wird. Diese Methode kann vor allem für eine grobe Sichtung einer großen Anzahl von Ideen verwendet werden. Beim Sichtungsprofil wird die Tendenz eines Ansatzes je nach Erfüllung der Zielfaktoren visuell dargestellt. Basierend auf dem resultierenden Profil wird daraufhin eine Entscheidung gefällt. Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um ein Bewertungsverfahren beim Vorhandensein komplexer Handlungsalternativen bei dem quantitative wie auch qualitative Aspekte berücksichtigt werden können⁵². Eine nähere Betrachtung dieser Methode erfolgt in Kapitel 5.1.

- Quantitative Bewertung

Zur Beurteilung der ökonomischen Konsequenzen eines Innovationsvorhabens können Finanz- oder Wirtschaftsmodelle herangezogen werden. Dazu zählen u.a.:⁵³

- Investitionsrechnung
- Break-Even-Analyse
- Return on Investment

Solche Finanzmodelle sind für eine Projektbewertung empfehlenswert und auch sehr populär. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Modelle auch Schwächen besitzen. Eine Bewertung und eine Entscheidung für oder gegen eine Idee erfolgt in einer frühen Phase der Entwicklung. Zu diesem Zeitpunkt ist jedoch sehr wenig über das Innovationsvorhaben bekannt. An dieser Stelle scheitern viele traditionelle Wirtschaftlichkeitsrechnungen, weil sie genaue finanzielle Daten

⁵² Vgl. Zangemeister (1976) S. 45

⁵³ Vgl. Vgl. Cooper (2010) S. 250ff

benötigen. Es können zwar Abschätzungen und Prognosen getroffen werden, Untersuchungen haben aber gezeigt, dass solche Schätzungen bei unterschiedlichen Unternehmungen nicht um zehn oder zwanzig Prozent, sondern um ganz andere Dimensionen abweichen.⁵⁴

Auf die einzelnen Bewertungsverfahren wird hier im Detail nicht weiter eingegangen. Es ist jedoch zu beachten, dass ein entscheidender Erfolgsfaktor in der Phase der Ideenakzeptierung die volle Unterstützung durch das oberste Management ist. Der Wille zur Durchführung neuer Ideen muss top-down erfolgen. Ist die Zustimmung aus der Führungsebene nur halbherzig und zurückhaltend, hat dies Einfluss auf die Akzeptanz der neuen Idee in der gesamten Unternehmung. Ist das Management nicht überzeugt, merken dies die Betroffenen sofort, sind entmutigt und in ihrer Kreativität sowie in ihrem Realisierungswillen eingeschränkt.⁵⁵

Ein weiteres Werkzeug, das in Rahmen der Ideenakzeptierungsphase Anwendung finden kann, ist ein Business-Case. Dieser kann zum Ende der Phase erstellt werden um die entsprechenden Personen in ihrer Entscheidung zu unterstützen.⁵⁶

In einem Business-Case sind alle monetären und nicht-monetären Einflussfaktoren enthalten. Zusätzlich wird die Idee auf ihre konkrete Umsetzbarkeit, soweit es möglich ist, geprüft. Eine derartige Abschätzung und Zusammenfassung kann somit als Entscheidungsgrundlage für weitere Schritte dienen.⁵⁷ Die Vorgehensweise sowie der Aufbau eines Business-Case sind Kapitel 6 zu entnehmen.

Ideenrealisierung

Die letzte Phase des Thom'schen Innovationsprozesses gliedert sich in:⁵⁸

- Konkrete Verwirklichung der neuen Idee
- Absatz der neuen Idee an den Adressaten
- Akzeptanzkontrolle

Das Projekt bzw. die Innovation ist ab diesem Zeitpunkt zur Entwicklung freigegeben. Erste Prototypen sollen in dieser Phase entstehen. Dabei ist es wichtig, dass bereits in

⁵⁴ Vgl. Cooper (2010) S. 250ff

⁵⁵ Vgl. Thom; Etienne S. 8

⁵⁶ Vgl. Taschner (2008) S. 5f

⁵⁷ Vgl. Wohinz (2003) S. 118

⁵⁸ Vgl. Thom (1980), S. 53

diesem Stadium einzelne Kunden miteinbezogen werden. Der Abschnitt der Ideenrealisierung kann wie ein Projekt angesehen und ebenfalls so organisiert und durchgeführt werden. Weiters ist für den Absatz ein Marketingplan sinnvoll.⁵⁹

Ein Marketing- bzw. Business-Plan kann folgendermaßen aufgebaut sein:⁶⁰

- Executive Summary
- Unternehmung
- Produkt/Dienstleistung
- Branche und Markt
- Marketing
- Management und Schlüsselpersonen
- Umsetzungsplanung
- Chancen und Risiken
- Planung für die kommenden fünf Geschäftsjahre
- Finanzbedarf

Ein Business-Plan ist nicht mit einem Business-Case zu verwechseln. Die Unterschiede werden in Kapitel 6 erklärt. Nichtsdestotrotz kann aufgrund einiger Überschneidungen ein Business-Plan auf einem Business-Case aufbauen.⁶¹

Unabhängig in welcher Phase des Innovationsprozesses man sich befindet, sind betriebswirtschaftliche Fragestellungen, die im nachfolgenden Kapitel angeführt sind, im Rahmen einer Innovation zu klären.

2.3 Basisstrategien

Die Basisstrategien umfassen grundlegende Überlegungen, die vor Beginn einer Innovation berücksichtigt werden sollten. Diese enthalten Fragen zum Thema wo und wie man sich am Markt positionieren will, sowie welche Strategie verfolgt werden soll.

Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Abschnitt sind Überlegungen über die zeitliche Entwicklung und die Organisation von Innovationsvorhaben.

⁵⁹ Vgl. Cooper (2010) S. 291ff

⁶⁰ Vgl. I2B; (2000)

⁶¹ Vgl. Taschner (2008), S. 7

2.3.1 Wettbewerbsstrategie nach Porter

Michael E. Porter beschreibt drei grundsätzliche Strategietypen, die einen positiven Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit einer Unternehmung haben. In Abhängigkeit der Branche, des Marktes und der Unternehmensgröße, können sich die Strategien unterscheiden. Prinzipiell gliedern sich diese in:⁶²

- Strategie der umfassenden Kostenführerschaft
- Differenzierungsstrategie
- Strategie der Konzentration auf Schwerpunkte

Strategie der umfassenden Kostenführerschaft (Overall-Cost-Leadership)

Voraussetzung für diesen Strategietyp sind effiziente Produktionsanlagen sowie das Ausnutzen von Erfahrungskurven. Die konsequente Berücksichtigung aller auftretenden Kosten ist das oberste Gebot. Ziel ist, diese Kosten im Vergleich zur Konkurrenz niedriger zu halten, ohne dabei die Qualität und das Service zu vernachlässigen. Aufgrund der Effizienz von Unternehmungen dieses Strategietyps ist es möglich, trotz hohen Konkurrenzdrucks und sinkender Verkaufspreise überdurchschnittlich hohe Erträge zu erzielen.⁶³

Für die Erreichung einer umfassenden Kostenführerschaft sind oft ein hoher Marktanteil, ein einfacher Herstellungsprozess und ein breites Sortiment von ähnlichen Produkten notwendig.⁶⁴

Differenzierungsstrategie (Overall-Differentiation)

Der Hintergrund des zweiten Strategietyps ist es, ein Produkt oder eine Dienstleistung anzubieten, welche innerhalb der gesamten Branche als einzigartig gilt, um sich somit von den Mitbewerbern zu differenzieren. Die Differenzierungsmerkmale können unterschiedliche Ausprägungsformen haben, von Design über Markennamen zu Technologien, Marketingstrategien, Händlernetzen oder Vertriebskanälen. Idealerweise findet die Differenzierung auf mehreren Ebenen statt. Die Kosten dürfen hier jedoch keineswegs vernachlässigt werden, diese sind jedoch nicht oberstes Strategieziel. Diese Strategie versucht den Wettbewerb abzuschirmen, bindet den Kunden an das

⁶² Vgl. Porter (1999), S. 70ff

⁶³ Vgl. Porter (1999), S. 71

⁶⁴ Vgl. Porter (1999), S. 72

Unternehmen und reduziert dessen Preisempfindlichkeit aufgrund der Einzigartigkeit der Produkte.⁶⁵

Strategie der Konzentration auf Schwerpunkte (Focus)

Die dritte Strategieform legt ihren Fokus auf Marktnischen, auf eine bestimmte Gruppe von Abnehmern, einen ausgewählten Teil des Produkt- oder Dienstleistungsprogramms oder auf einen geographisch abgegrenzten Markt. Im Gegensatz zu den ersten beiden Strategien, die branchenweit agieren, ist bei diesem Strategietyp lediglich eine Beschränkung auf ein Segment gegeben. Die Idee dahinter ist, dass ein gestecktes Ziel aufgrund der Konzentration auf einen Schwerpunkt schneller, besser und effizienter erreicht werden kann als ein Konkurrent, der am Markt breit aufgestellt ist.⁶⁶

Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Strategietypen zu verdeutlichen, sind diese in Abbildung 2-7 zusammengefasst.

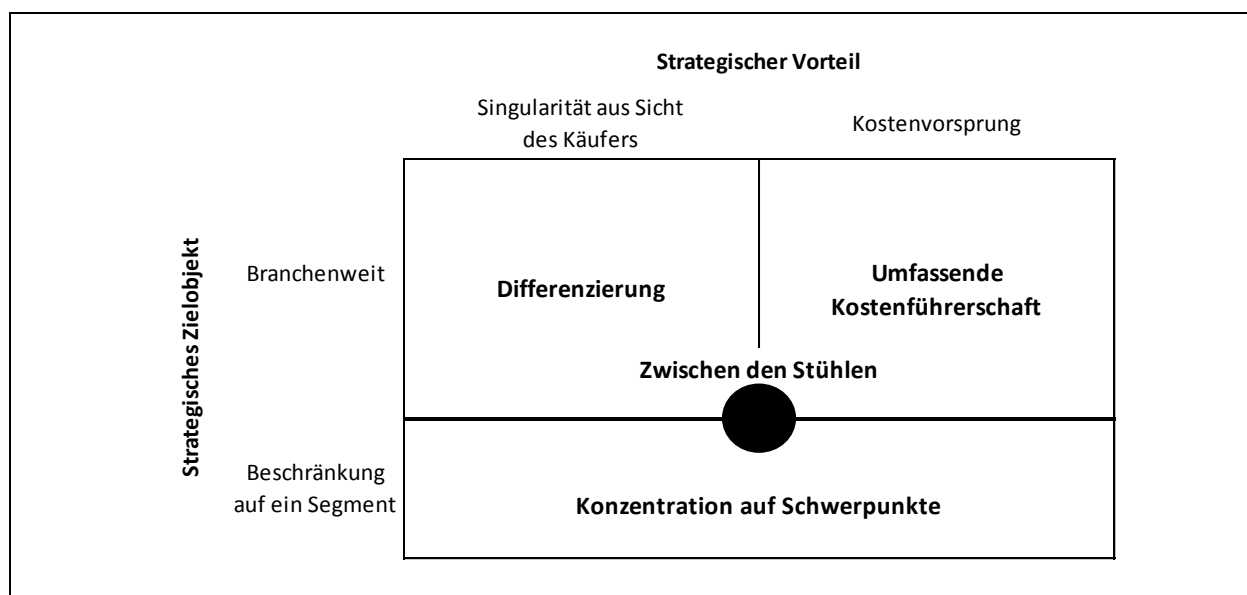


Abbildung 2-7: Strategietypen nach Porter⁶⁷

Unternehmungen, die zwischen den Stühlen („stuck in the middle“) stehen, also nicht eindeutig zu einem der drei beschriebenen Strategietypen gezählt werden können, sind in einer äußerst schlechten strategischen Position. Dieser Zustand ist vergleichbar mit geringer Rentabilität aufgrund mangelnder Konkurrenzfähigkeit. Nach Porter ist es von

⁶⁵ Vgl. Porter (1999), S. 73f

⁶⁶ Vgl. Porter (1999), S. 75

⁶⁷ Porter (1999), S. 75

entscheidender Bedeutung, dass sich eine Unternehmung für einen Strategietyp entscheidet und dort ihre Kompetenzen und Stärken aufbaut.⁶⁸

Um für die jeweilige Unternehmung die richtige Strategie zu finden, ist eine genaue Strukturanalyse der Branche und der Konkurrenten erforderlich. Die Intensität des Wettbewerbes, die in einer Branche besteht, ist durch unterschiedliche Einflussfaktoren bestimmt. Porter beschreibt beispielweise diese Einflüsse in seinem Five-Forces-Modell.

2.3.2 Produkt-Markt-Strategien⁶⁹

Die Produkt-Markt-Matrix nach Ansoff ist ein Werkzeug für das strategische Management der Entwicklung von Innovationsstrategien. Innovationen sind laut Schumpeter die erfolgreiche ökonomische Umsetzung einer Invention. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist ein entsprechendes Marketing, das sogenannte Innovationsmarketing, erforderlich. Mit der Produkt-Markt-Matrix werden mögliche Wachstumsstrategien dargestellt sowie die Potentiale und Risiken, die sich bei den einzelnen Kombinationen ergeben, betrachtet.

	Gegenwärtige Produkte	Neue Produkte
Gegenwärtige Märkte	Marktdurchdringung	Produktentwicklung
Neue Märkte	Marktentwicklung	Diversifikation

Tabelle 2.1: Produkt-Markt-Matrix⁷⁰

Marktdurchdringung

Hier treffen gegenwärtige Produkte auf bestehende Märkte. Dies bedeutet, dass eine Unternehmung in einem bestehenden Markt versucht zu wachsen, indem der Marktanteil bestehender Produkte erhöht wird. Durch Erhöhung des Absatzes, infolge neuer Kunden oder Steigerung der Verwendungsrate ist dieses Ziel zu erreichen. Diese Strategie birgt das geringste Risiko, jedoch ist auch das Wachstum meist begrenzt. Ist

⁶⁸ Vgl. Porter (1999), S. 78ff

⁶⁹ Vgl. Ansoff (1965), S. 97ff

⁷⁰ Ansoff (1965), S. 99

der Absatzmarkt gesättigt, muss eine andere Strategie gewählt werden. Eine solche Strategie steht mit dem Thema Innovation, sei es auch noch so weit gesteckt, nicht im Zusammenhang.

Marktentwicklung

Hier wird mit bestehenden Produkten versucht neue Märkte zu erschließen. Dies kann geschehen, indem man geographisch expandiert oder neue Marktsegmente erschließt. Ein noch nicht gesättigtes Marktpotential ist hier jedoch Voraussetzung.

Produktentwicklung

Mit dieser Strategie versuchen Unternehmungen die Bedürfnisse des bestehenden Marktes durch neue Produkteigenschaften, Qualitätsvarianten und dergleichen zu befriedigen und so eine Weiterentwicklung voranzutreiben.

Diversifikation⁷¹

Hier werden durch neue Produkte, neue Absatzmärkte erschlossen. Die Diversifikation ist die risikoreichste der vier betrachteten Wachstumsstrategien. Jedoch sind die Chancen, die sich durch dieses Vorhaben ergeben können auch weitaus höher als bei den anderen Strategien. In Abhängigkeit der Risikobereitschaft lassen sich innerhalb der Diversifikation drei Typen unterscheiden:

- Horizontale Diversifikation:
Aufnahme von Produkten, die mit den bisherigen Produkten in einem sachlichen Zusammenhang stehen
- Vertikale Diversifikation:
Aufnahme von Produkten, die dem bisherigen Produkt vor- bzw. nachgeschaltet sind
- Laterale Diversifikation:
Hier besteht kein direkter Zusammenhang zwischen dem bisherigen Produkt und dem neuen Produkt

⁷¹ Vgl. Ansoff (1965), S. 108ff

2.3.3 Strategisches Timing⁷²

Ein entscheidender Faktor bei der Realisierung von Innovationen ist der richtige Zeitpunkt des Markteintritts. Es ist somit nicht nur die ökonomisch richtige Umsetzung der Idee ausschlaggebend, was die Aufgabe des Marketings ist, sondern auch die korrekte Wahl des Zeitfaktors.

Ansoff unterscheidet insgesamt drei Strategietypen bezogen auf das Timing der Markteinführung. Entsprechend der Ausprägung der jeweiligen Typen ergeben sich unterschiedliche Vor- und Nachteile, welche in Tabelle 2.2 zusammengefasst sind.

Strategietyp	Merkmale	Vorteile	Risiken
"First to the market" (Pionier, Führer)	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Forschungsintensität • Funktionale Kooperation Produktion und Produktplanung • Hohe F&E Investitionen • Hohes Risiko • Technologischer Vorsprung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenvorteile auf Grund Erfahrungskurvenvorsprung • Imagevorteile • Beziehungen zu den Abnehmern • Etablieren von Standards • (Kurzfristige) Monopolstellung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Kosten und großer Zeitaufwand für F&E • Hohe Marktöffnungskosten • Imagenachteile bei nicht ausgereiften Innovationen • Führerinnovation kann sich nicht als Industriestandard durchsetzen
"Follow the leader" (Früher Folger)	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Entwicklungsintensität • kurze Entwicklungszeiten • Enge funktionale Kooperation zwischen Marketing und F&E • ausgezeichnete Marktkennntnis 	<ul style="list-style-type: none"> • Bessere Kenntnis der Kundenbedürfnisse • Geringere Marktöffnungskosten • Nutzung der Pioniererfahrung für effizientere Produktion und zielgerichtetes Marketing 	<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Marktphase • Zu später Markteintritt • Eintrittsbarrieren • Abnehmerpräferenz für die Führerinnovation
"Me-too" (Später Folger)	<ul style="list-style-type: none"> • geringe F&E Aktivitäten • Fähigkeit neue Produkte schnell zu kopieren (Imitation) oder billiger herzustellen • Aggressive Preispolitik • Effiziente Produktion 		

Tabelle 2.2: Strategietypen bezogen auf den Zeitfaktor⁷³

Aufgrund der stetig steigenden Konkurrenz und der kürzeren Produktlebenszyklen ist die Dauer, die eine Unternehmung benötigt um ein neues Produkt auf den Markt zu bringen („time to market“), von großer Bedeutung.

Abbildung 2-8: Umsatzeinfluss in Abhängigkeit der Markteinführung⁷⁴

⁷² Vgl. Wohinz (2003) S. 125ff

⁷³ Wohinz (2003) S. 126

⁷⁴ Smith; Reinertsen (1998), S. 8

2.4 Strategische Basisanalysen

Der Prozess und die Einführung von Innovationen sind sehr komplex. Eine Reihe von Methoden kann im Vorfeld helfen, den allgemeinen Innovationsbedarf zu eruieren und somit eine fundierte Basis für bevorstehende Innovationsprojekte liefern.⁷⁵

2.4.1 Die SWOT-Analyse

Diese Analyse stellt die Ausgangssituation für strategische Managementvorhaben dar, indem die unternehmensinternen bzw. projektbezogenen Stärken (Strengths) und Schwächen (Weaknesses) den von außen einwirkenden externen Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats) gegenübergestellt werden.⁷⁶ Die externen Einflussfaktoren berücksichtigen die Marktchancen, wie die Wachstumsmöglichkeiten oder den Bedarf an neuen Produkten bzw. neuen Dienstleistungen. Bei den internen Gegebenheiten wird einerseits auf jene Eigenschaften eingegangen, die direkt beeinflusst werden können. Andererseits werden in Abhängigkeit der Marktstellung und der verfügbaren Ressourcen die eigenen Stärken und Schwächen des Vorhabens im Vergleich zur Konkurrenz ausgearbeitet.⁷⁷ Abbildung 2-9 zeigt eine beispielhafte Ausformulierung einer SWOT-Analyse.

Intern	Extern
Stärken z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Motivation bzw. Know-how • Verfügbare Einrichtungen 	Chancen z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Nachgefragte Dienstleistungen • Gesellschaftliche Relevanz
Schwächen z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Wenig ausgeprägte strategische Orientierung • Ungeklärtes Rollenverhältnis bei MitarbeiterInnen 	Risiken z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Allgemein knapper werdende Ressourcen • Entstehung von zusätzlichen Mitbewerbern

Abbildung 2-9: Die SWOT-Analyse⁷⁸

⁷⁵ Vgl. Wohinz (2003) S. 115

⁷⁶ Vgl. Wohinz (2003) S. 77

⁷⁷ Vgl. Bruhn (1999) S.42ff

⁷⁸ In Anlehnung an Wohinz (2003) S. 78

In Abhängigkeit der Ergebnisse, welche Eigenschaften besonders ausgeprägt sind, können weitere strategische Schritte abgeleitet werden. Im Detail wird hier jedoch nicht weiter darauf eingegangen.

2.4.2 Die GAP-Analyse

Nachdem die Stärken und Schwächen eines Vorhabens identifiziert sind, können die Stärken zur Bewältigung der eruierten Chancen und Risiken eingesetzt werden, um ein gestecktes Ziel zu erreichen.⁷⁹ Entsteht bei der Durchführung eines Vorhabens eine Differenz zwischen dem gesteckten Ziel und dem tatsächlich erreichten Ziel, spricht man in diesem Kontext von einer Lücke bzw. einem Gap. Um einen Vergleich der geplanten Zielerreichung mit der realen Zielerreichung zu erhalten, beruht die GAP-Analyse auf einer Extrapolation der Vergangenheitsentwicklung in die Zukunft. Die sich dabei ergebende Lücke ist durch entsprechende Maßnahmen zu schließen, wobei die Größe der Lücke ein Maß für den zu leistenden Einsatz ist um diese zu füllen. Wie in Abbildung 2-10 erkennbar ist, unterscheidet man zwischen zwei Arten von Lücken, der strategischen Lücke und der Leistungslücke.⁸⁰

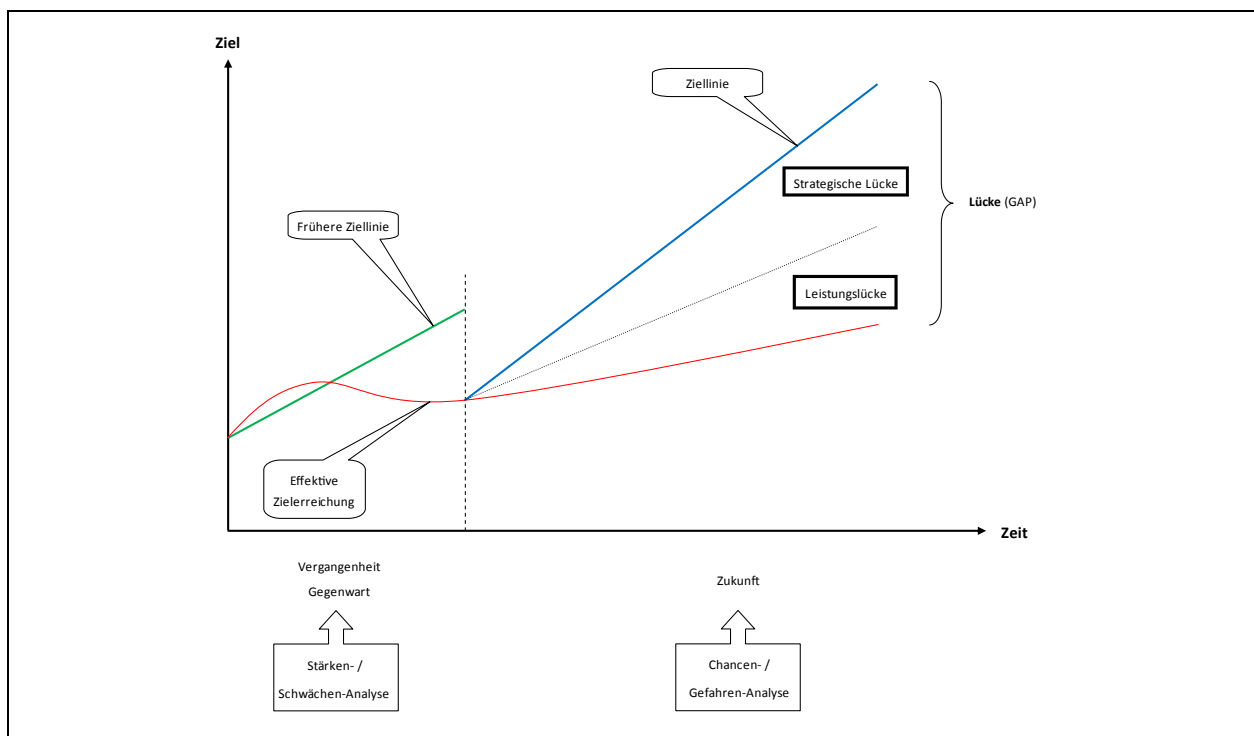


Abbildung 2-10: Die GAP-Analyse⁸¹

⁷⁹ Vgl. Bea; Haas (1997) S. 154

⁸⁰ Vgl. Wohinz (2003) S. 78

⁸¹ Wohinz (2003) S. 79

Blickt man auf die Entwicklung eines Vorhabens zurück, ist es möglich, dass die effektive Zielerreichung die geplante Zielerreichung unterschreitet. Um diesen Gap auszugleichen werden nun Maßnahmen für die Zukunft getroffen, um das eigentliche, extrapolierte Ziel zu erreichen. Um Leistungslücken zu schließen sind Rationalisierungsmaßnahmen von Bedeutung. Strategische Lücken können dagegen mit Innovationsmaßnahmen beseitigt werden.⁸²

2.4.3 Die Szenario-Analyse

Diese Analyse wurde in den 50er Jahren von Kahn für militärische Zwecke entwickelt. In den 70er Jahren wurde die Szenario-Technik aufgrund steigender Dynamik und Komplexität in der Unternehmenswelt angewendet.⁸³

Von einem Szenario spricht man bei der Beschreibung einer zukünftigen Entwicklung unter Einfluss alternativer Rahmenbedingungen. Damit geht die Szenario-Analyse nicht von einem exakten und starren Bild der Zukunft aus, sondern entwirft mehrere Zukunftsalternativen in Abhängigkeit von Einflussfaktoren.⁸⁴ In Abbildung 2-11 findet sich die grafische Darstellung der Szenario-Analyse.

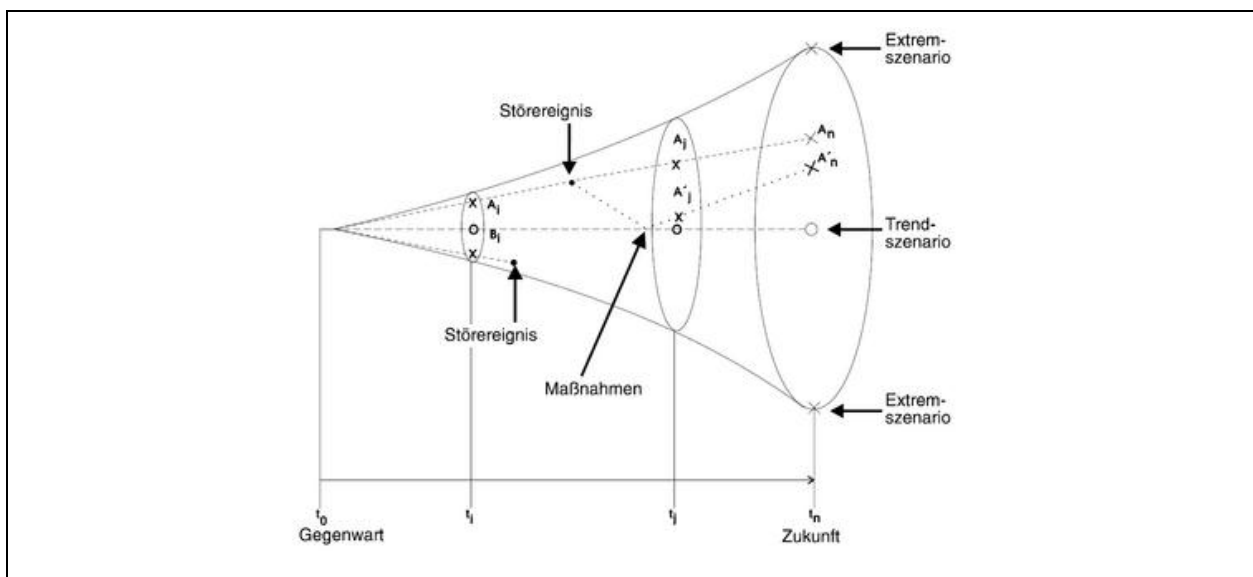


Abbildung 2-11: Die Szenario-Analyse⁸⁵

Der sich öffnende Trichter der Szenario-Analyse entsteht durch den abnehmenden Einfluss der Gegenwart je weiter man sich in Richtung Zukunft bewegt. Die sich ergebenden Möglichkeiten werden durch die Extremszenarien begrenzt, womit sich ein

⁸² Vgl. Wohinz (2003) S. 79

⁸³ Vgl. Bea; Haas (1997) S. 265

⁸⁴ Vgl. Bea; Haas (1997) S. 265

⁸⁵ In Anlehnung an Geschka; Hammer (1992) S. 315

Feld möglicher Entwicklungen ergibt. In der Mitte des Trichters befindet sich das Trendszenario, welches einer Exploration des Ergebnisses entspricht. Das Szenario A_n zeigt eine typische Annahme einer zukünftigen Entwicklung. Beim Eintreten eines Störereignisses kommt es nach dem Treffen einer Maßnahme zu einem Szenario A'_n .⁸⁶ Die Auswahl an unterschiedlichen Entwicklungen scheint dabei unendlich und kann somit nicht in ihrer Fülle dargestellt werden. Eine Betrachtung von drei bis fünf wahrscheinlichen Szenarien sollte jedoch erarbeitet werden, um diese im Anschluss einer Diskussion und Auswertung zu unterziehen.⁸⁷

2.4.4 Die Portfolio-Analyse

Hier wird die Umfeldentwicklung im Zusammenhang mit der relativen Unternehmensposition in einer Matrix dargestellt. Je nach Zusammensetzung der beiden Variablen ergeben sich strategische Stoßrichtungen, wie etwa Zonen der Mittelbindung oder Zonen der Mittelfreisetzung, siehe Abbildung 2-12.⁸⁸

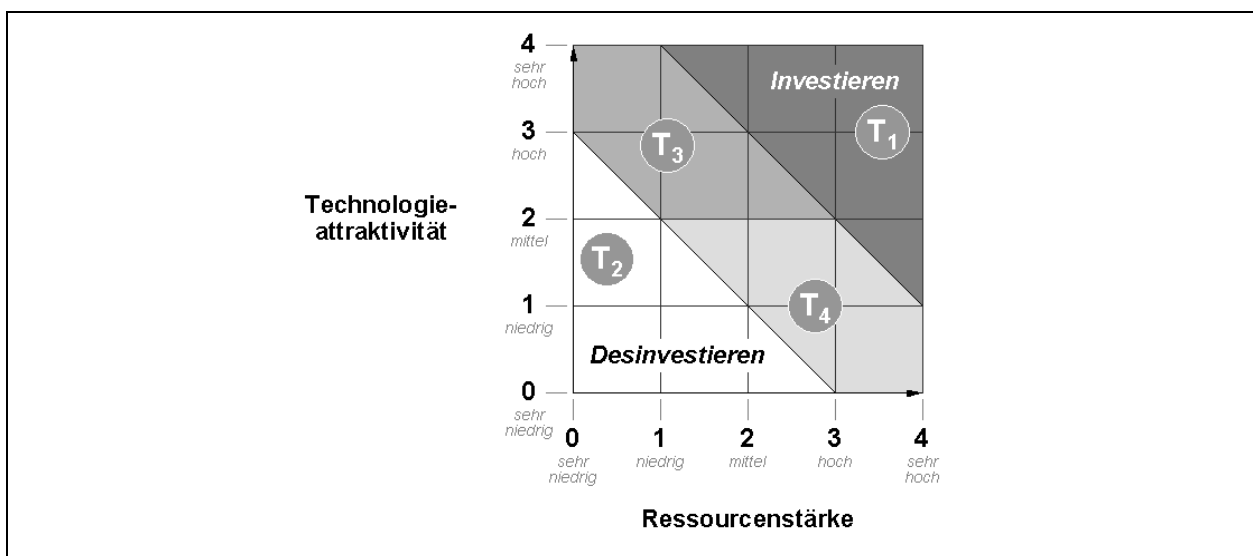


Abbildung 2-12: Das Technologie-Portfolio nach Pfeifer⁸⁹

Eine hohe Technologieattraktivität in Kombination mit einer hohen Ressourcenstärke führt zu einer eindeutigen Investitionsstrategie. Sind beide Einflussfaktoren mittel bis niedrig einzustufen gilt es hingegen zu desinvestieren. Ergibt sich ein Schnittpunkt im Bereich zwischen Investition und Desinvestition, muss eine Selektion erfolgen.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. Bea; Haas (1997) S. 265f

⁸⁷ Vgl. Bea; Haas (1997) S. 266

⁸⁸ Vgl. Wohinz (2003) S. 80

⁸⁹ In Anlehnung an Wohinz (2003) S. 81

⁹⁰ Vgl. Wohinz (2003) S. 80

3 Grundlagen Hybridfahrzeuge

*„Das Wort ‚Hybrid‘ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet so viel wie Zwitter, von zweierlei, andersartigen Eltern“.*⁹¹

Im Jahr 2003 definierte die United Nations Organization (UNO) ein „Hybridfahrzeug“ wie folgt: Ein Hybridfahrzeug ist ein Fahrzeug, das mindestens zwei Antriebseinheiten besitzt. Genauer gesagt besitzt es zwei unterschiedliche Energiespeicher sowie zwei unterschiedliche Energiewandler. Die Kombination der unterschiedlichen Systeme ist dabei beliebig. Die heute jedoch häufigste Form ist die Kombination eines Verbrennungsmotors mit fossilen Kraftstoffen und einem Elektromotor mit Sekundärbatterie.⁹²

Die Gründe für die Elektrifizierung des Antriebsstrangs bzw. für die Hybridisierung können recht unterschiedlich sein. Die ersten Hybrid- bzw. Elektrofahrzeuge kamen bereits um 1900 auf. Welche Beweggründe dafür verantwortlich sind, dass diese Fahrzeuge heute wieder attraktiv sind, welche unterschiedlichen Antriebskonfigurationen es aktuell gibt und welche Komponenten dafür gebraucht werden, wird auf den nachfolgenden Seiten erörtert.

3.1 Motivation für den Bau von Hybridfahrzeugen

Der globale CO₂-Ausstoß steigt seit der Industrialisierung stark an und ist bereits jahrelang im Blickpunkt der Öffentlichkeit, da dieser für den weltweiten Klimawandel mitverantwortlich gemacht wird. In der Automobilindustrie bzw. im Verkehrswesen wird die Höhe des Kraftstoffverbrauchs als Maß für den CO₂-Ausstoß herangezogen. Die Problematik von konventionell angetriebenen Kraftfahrzeugen lassen sich im Großen und Ganzen auf zwei Punkte reduzieren. Zum einen die begrenzte Verfügbarkeit von fossilen Kraftstoffen und andererseits, wie erwähnt, der direkte Zusammenhang mit ausgestoßenem CO₂. Der Anteil des emittierten Kohlendioxids des gesamten Verkehrs beträgt in der EU circa 25%, bezogen auf den CO₂-Gesamtausstoß. Um einen weiteren Anstieg zu vermeiden, werden und sind einige Maßnahmen gesetzt. Die Europäische Union hat 2012 den Durchschnittsverbrauch der Neuwagenflotte (Flottenverbrauch) je Automobilhersteller auf 120g CO₂/km begrenzt, siehe Abbildung 3-1. Diese Regelung

⁹¹ Hofmann (2010) S. 2

⁹² Vgl. Hofmann (2010) S. 2f

tritt bis 2015 stufenweise in Kraft. Werden von den OEMs diese Vorgaben nicht erreicht, müssen diese hohe Strafen pro Fahrzeug an die Europäische Union zahlen. Diese Ziele sind bei Kleinwagen heute schon realisierbar. Allerdings geht der allgemeine Käufertrend immer noch zu größeren und leistungsstärkeren Fahrzeugen, bei denen diese Vorgaben nur mit kontinuierlicher Weiterentwicklung des Antriebsstrangs erreicht werden können.⁹³

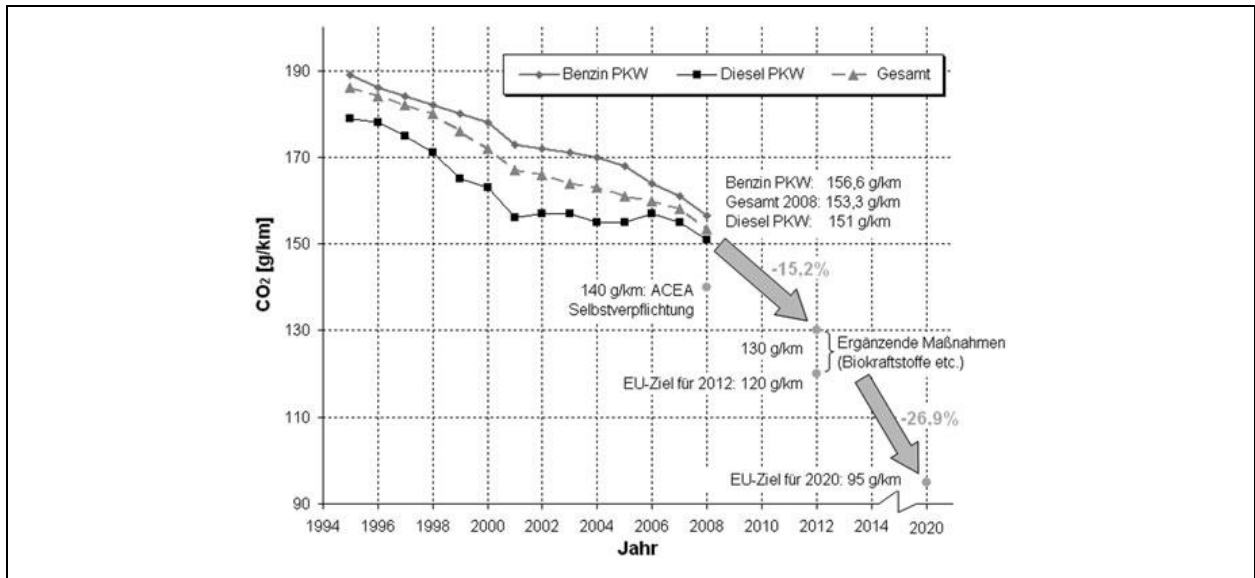


Abbildung 3-1: CO₂-Emissionen der durchschnittlichen Neuwagenflotte in der EU-15 und Emissionsziele für 2012 und 2020⁹⁴

Der Lösungsansatz für eine Verbrauchsreduzierung zielt bei der Hybridisierung auf einen höheren Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung, mehr Freiheitsgrade beim Betrieb sowie die Möglichkeit einer Energierückgewinnung beim Verzögern ab. Diese Maßnahmen sind vor allem im Stadtbetrieb von Interesse und mit einem hohen Kraftstoffeinsparungspotential verbunden.⁹⁵

Grundsätzlich können mit Hybridfahrzeugen unterschiedliche Ziele verfolgt werden:⁹⁶

- Kraftstoffeinsparung
- Emissionsminderung
- Erhöhung von Drehmoment und Leistung („Fahrspaß“)

⁹³ Vgl. Hofmann (2010) S. 1f

⁹⁴ Hofmann (2010) S. 3

⁹⁵ Vgl. Hofmann (2010) S. 2

⁹⁶ Vgl. Reif (2010) S.10

Je nach Zielsetzung kommen hier unterschiedliche Hybridkonzepte zum Einsatz, die in unterschiedlichem Maße elektrische Energie zum Antrieb des Fahrzeuges nutzen.⁹⁷

Aufgrund der steigenden Nachfrage auf allen relevanten Märkten - Amerika, Europa und Japan - sind nun annähernd alle großen Hersteller in die Entwicklung von Hybridfahrzeugen involviert. Neben der weiteren Verbesserung verbrennungsmotorischer Maßnahmen bezüglich Verbrauch und Effizienz, steigt nun auch der Entwicklungsstandard im Bereich der Hybridfahrzeuge. Auf lange Sicht wird sich neben dem Hybrid ein zweiter Weg bezüglich alternativer Antriebskonzepte ausbilden. Jener der noch stärkeren Elektrifizierung des Antriebsstranges, der bis hin zu reinen Elektrofahrzeugen reicht.⁹⁸

Global gesehen werden sich die unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte und Antriebsvarianten an die jeweiligen lokalen Verkehrs- und Nutzungsbedingungen anpassen. In den großen Ballungszentren wie Japan oder Kalifornien fahren Fahrzeuge mit niedrigen Geschwindigkeiten und im Stop-and-go-Betrieb, welche die optimalen Bedingungen für Hybridfahrzeuge sind. In Mitteleuropa werden hingegen, zumindest mittelfristig, Dieselfahrzeuge weiter dominieren. Wobei im Bereich von Kurzstrecken und im innerstädtischen Betrieb Elektrofahrzeuge vermehrt auftreten werden. Nach einer Prognose von Oliver Wyman, siehe Abbildung 3-2, steigt die Gesamtfahrzeugproduktion von PKWs und leichten Nutzfahrzeugen von 63 Millionen Stück von 2005 auf rund 75 Millionen Einheiten im Jahr 2015.

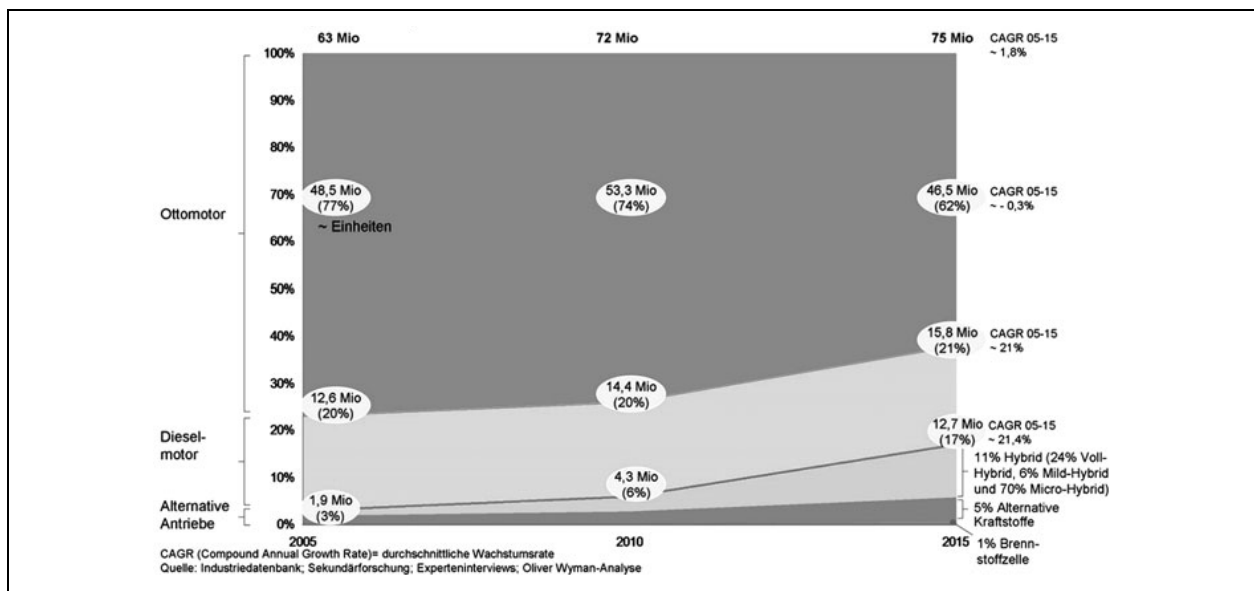


Abbildung 3-2: Entwicklung unterschiedlicher Antriebskonzepte (2005-2015)⁹⁹

⁹⁷ Vgl. Reif (2010) S.10

⁹⁸ Vgl. Hofmann (2010) S. 12

⁹⁹ Hofmann (2010) S. 13

Man kann erkennen, dass der Anteil von Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten sich dabei von 3% auf 17% erhöhen wird, wobei 11% davon auf Hybridfahrzeuge fallen werden.¹⁰⁰ Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie die Anzahl der unterschiedlichen Hybrid- und Elektrofahrzeugmodelle der einzelnen Hersteller in der Zeit von 2012 bis 2017 voraussichtlich steigen wird.

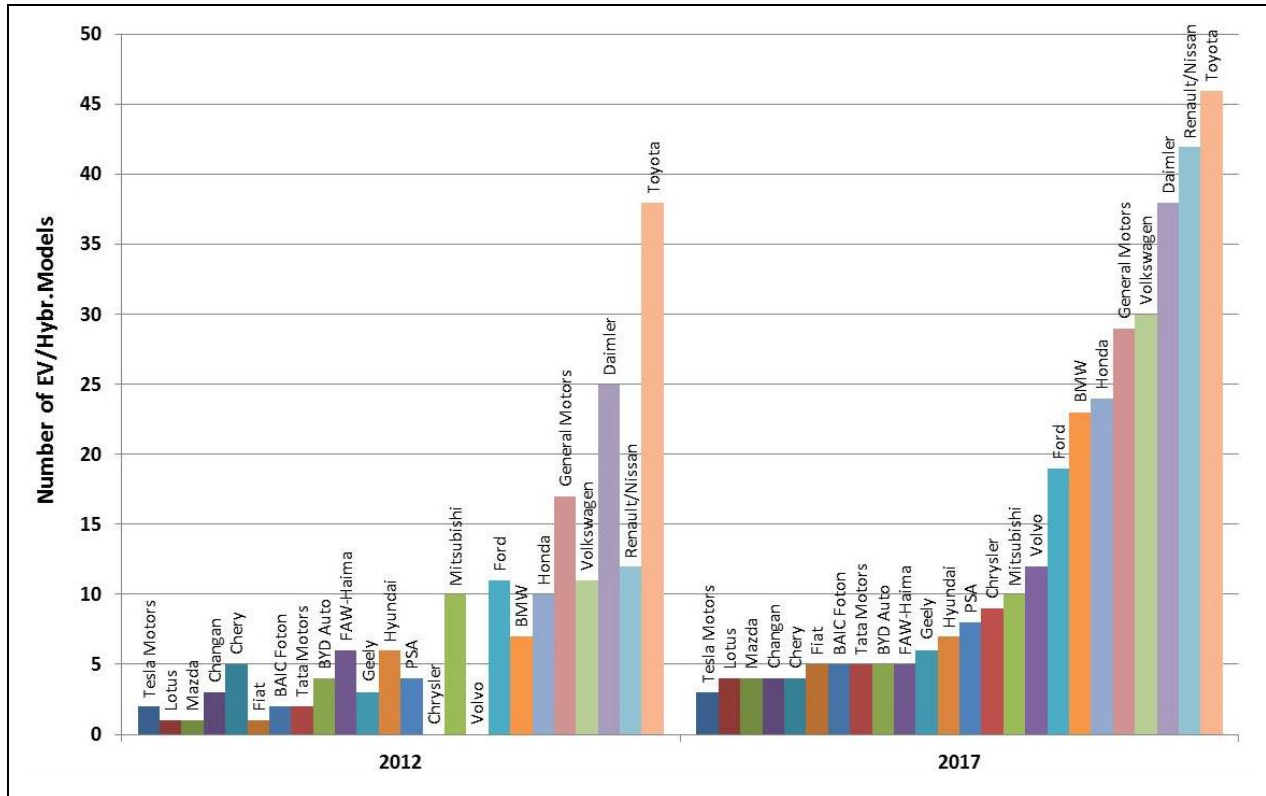


Abbildung 3-3: Modellentwicklung unterschiedlicher EVs und HEVs verschiedener OEMs¹⁰¹

An dieser Prognose von AVL kann man gut erkennen, dass so gut wie alle namhaften Hersteller ihre Produktpalette von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben deutlich ausbauen werden.

3.2 Klassifizierung von Hybridfahrzeugen

Die Kombination einer Verbrennungskraftmaschine (VKM) mit einem elektrischen Antriebsselement lässt eine Vielzahl neuer Freiheitsgrade zu und hat somit gegenüber einem konventionellen Antriebsstrang verschiedene Vorteile:¹⁰²

¹⁰⁰ Vgl. Hofmann (2010) S. 12

¹⁰¹ AVL interne Quelle: Marktauswertung-Diagramme_E_Hybrid

- Die E-Maschine (EM) besitzt ein konstant hohes Drehmoment bei geringen Drehzahlen und kann somit den Verbrennungsmotor in niedrigen Drehzahlbereichen optimal unterstützen, da die VKM in diesen Regionen schlechte Drehmomentwerte aufweist.
- Durch den Einsatz des Elektromotors, der auch als Generator betrieben werden kann, um elektrische Energie zu erzeugen, kann der Verbrennungsmotor in Bereichen mit besonders hohen Wirkungsgraden betrieben werden (Betriebspunktoptimierung bzw. Lastpunktanhebung).
- Bei Verwendung einer E-Maschine kann unter Umständen bei gleichbleibender Gesamtleistung die VKM verkleinert werden (Leistungsneutrales Downsizing).
- Die Kombination von E-Maschine und VKM ermöglicht auch u.a. eine längere Getriebeübersetzung bei gleichbleibenden Fahrleistungen (Downspeeding).

In Abhängigkeit der Zielsetzung eines Hybridfahrzeuges und der Größe und Konfiguration der elektrischen Antriebsstrangkomponenten unterscheidet man zwischen verschiedenen Hybridisierungsgraden und Antriebskonfigurationen.

Die **Antriebskonfigurationen** gliedern sich in:

- **Serieller Hybridantrieb**
- **Paralleler Hybridantrieb** und
- **Leistungsverzweigter Hybridantrieb** siehe Abbildung 2.3.

¹⁰² Vgl. Reif (2010) S.10f

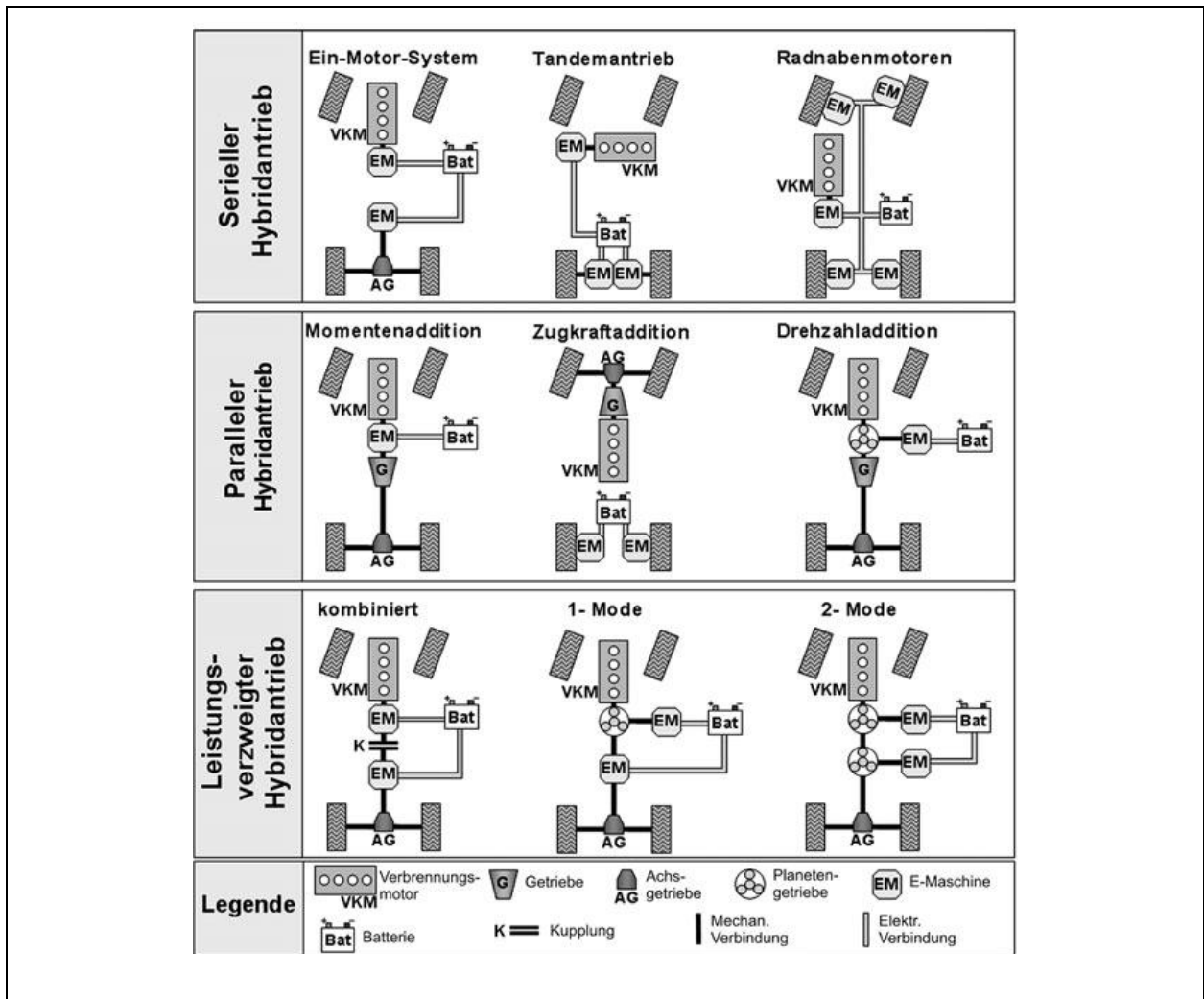


Abbildung 2.3: Antriebskonfigurationen bei Hybridfahrzeugen¹⁰³

Im Weiteren werden die drei unterschiedlichen Hybridkonfigurationen kurz beschrieben, um so den Unterschied zwischen diesen darzustellen. Auf diese Weise sollen die jeweiligen Eigenschaften der Konzepte mit ihren Vor- und Nachteilen dargelegt werden.

3.2.1 Serieller Hybridantrieb

Der serielle Hybridantrieb ist durch die Reihenschaltung des Verbrennungsmotors mit der E-Maschine gekennzeichnet. Bei diesem System sind jedoch mindestens zwei E-Maschinen erforderlich. Eine arbeitet als Generator und ist mit der VKM verbunden, um elektrische Energie für den Elektromotor, der für den Vortrieb verantwortlich ist, zu erzeugen. Elektrische Energie wird überdies in einer Batterie gespeichert. Der Verbrennungsmotor ist hier also nicht mit der Antriebsachse verbunden. Das heißt die

¹⁰³ Hofmann (2010) S. 17

VKM wird nur verwendet um mit Hilfe eines Generators elektrische Energie für den elektromotorischen Antrieb bereitzustellen.¹⁰⁴ Ein typisches Beispiel wäre hier ein durch Elektromotoren angetriebenes Fahrzeug, das zur Reichweitenerhöhung einen kleinen Verbrennungsmotor inkl. Generator, einen sogenannten Range-Extender, verbaut hat.

3.2.2 Paralleler Hybridantrieb

Bei parallelen Hybridantrieben wird nur ein Elektromotor benötigt. Dieser kann jedoch auch als Generator betrieben werden. Bei dieser Antriebsstrangkonfiguration ist die E-Maschine mit der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors verbunden sowie, in weiterer Folge, beide mit den Antriebsrädern. Die Drehmomente der VKM und der EM können beliebig variieren und addieren sich. Die Drehzahlen stehen jedoch in einem festen Verhältnis zueinander. Ein reiner Betrieb mit dem Verbrennungsmotor, sowie unter Umständen auch nur mit dem Elektromotor ist hierbei ebenfalls möglich. Bei dieser Hybridtopologie liegt der Gesamtwirkungsgrad höher als bei anderen Hybridkonfigurationen.¹⁰⁵

3.2.3 Leistungsverzweigter Hybridantrieb

Das Kernelement bei leistungsverzweigten Hybridantrieben ist das Planetengetriebe. An diesem wird die Leistung in zwei Pfade aufgeteilt, in einen elektrischen und in einen mechanischen Pfad. Auf eine Welle des Planetengetriebes wirkt die VKM, auf die andere eine E-Maschine im Generatorbetrieb und auf die dritte Welle ein weiterer Elektromotor. Da die Drehzahlverhältnisse in einem Planetengetriebe zueinander immer bestimmt sind, ist eine mechanische Leistungsübertragung nur dann möglich, wenn die E-Maschine Leistung aufnimmt und in elektrische Leistung umwandelt. Da zum einen die Leistungsaufnahme der Batterie begrenzt ist und zum anderen der Wirkungsgrad im Vordergrund steht, wird diese elektrische Leistung im Elektromotor wieder in mechanische Energie umgewandelt. Diese Energieumwandlungsvorgänge können den Gesamtwirkungsgrad negativ beeinflussen, insbesondere dann, wenn über längere Distanzen mit höherer Geschwindigkeit (Schnellstraße, Autobahn) gefahren wird. Abhilfe schafft hier ein Two Mode-Hybrid. Bei diesem Konzept ist ein rein mechanischer Antrieb ebenfalls möglich ist.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Vgl. Reif (2010) S.16

¹⁰⁵ Vgl. Reif (2010) S.17f

¹⁰⁶ Vgl. Reif (2010) S.20ff

Neben diesen Antriebsstrangkonfigurationen lassen sich Hybridfahrzeuge auch nach ihrem Hybridisierungsgrad unterscheiden. Diese teilen sich auf in:

- **Micro-Hybrid**
- **Mild-Hybrid**
- **Full-Hybrid** und
- **Plug-In-Hybrid**

Der Hybridisierungsgrad ist ein Maß für den Umfang mit dem die Antriebsleistung zwischen Verbrennungsmotor und E-Maschine variieren kann.¹⁰⁷

Micro-Hybrid

Micro-Hybrid Fahrzeuge besitzen verhältnismäßig geringe Modifikationen zu einem konventionell angetriebenen Fahrzeug. Im Prinzip wird hier der Starter durch eine leistungsfähigere Starter-/Generatoreinheit ersetzt. Mit diesem System können nicht nur Start-Stopp-Anwendungen realisiert werden, also z.B. Motorabschaltung bei Stillstand an einer Ampel und annähernd verzögerungsfreier Start beim Einkuppeln, sondern teilweise auch Energie bei Verzögerungsvorgängen zurückgewonnen werden. Dafür ist jedoch ein entsprechendes Energie-Management-System erforderlich. Außerdem ist die mögliche Rekuperation aufgrund der begrenzten Systemgröße gering.¹⁰⁸ Mit reiner Start-Stopp-Anwendung liegt die Kraftstoffeinsparung im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ, Fahrzyklus zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs), jedoch bei 3,5% - 4,5%.¹⁰⁹

Mild-Hybrid

Bei den Funktionen des Micro-Hybrid-Systems ist die E-Maschine in der Lage zusätzliches Drehmoment zu dem von der VKM geleisteten Drehmoment abzugeben. Die E-Maschine wird als Kurbelwellen-Starter-Generator (KSG) ausgeführt und sitzt somit auf der Kurbelwelle der VKM zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe.¹¹⁰ Somit ist ein Mild-Hybrid als Parallel-Hybrid ausgeführt.¹¹¹ Die Unterstützung des Verbrennungsmotors geschieht in Anfahr- und Beschleunigungsphasen durch einen

¹⁰⁷ Vgl. Reif (2010) S.14

¹⁰⁸ Vgl. Hofmann (2010) S. 14

¹⁰⁹ Vgl. Reif (2010) S.14

¹¹⁰ Vgl. Hofmann (2010) S. 44

¹¹¹ Vgl. Reif (2010) S.14

sogenannten Boost. Der Mild-Hybrid verfügt über ein Hochvolt-Bordnetz mit einem Spannungsbereich von 42-150 Volt.¹¹² Die elektrische Leistung liegt hierbei üblicherweise im Bereich von 20 kW¹¹³. Durch die höhere Spannungslage und größere elektrische Leistung kann die Effizienz beim Rekuperieren gesteigert werden. Zusätzlich ist eine Lastpunktanhebung zur Verbrauchs- und Emissionsminderung möglich.¹¹⁴ Die Kraftstoffeinsparung bei Mild-Hybrid-Fahrzeugen kann im NEFZ bis zu 15% betragen¹¹⁵.

Full-Hybrid

Bei Full-Hybrid-Fahrzeugen ist zusätzlich zu den Funktionen eines Mild-Hybrids auch rein elektrisches Fahren über längere Strecken möglich. Der elektrische Antrieb und die Verbrennungskraftmaschine sind in diesem Fahrzustand voneinander entkoppelt und die VKM steht still. Der Spannungsbereich liegt hier nochmals höher und beträgt zwischen 200 und 350 Volt. Dieser Hybridisierungsgrad kann parallel, seriell oder leistungsverzweigt realisiert werden.¹¹⁶ Mit der Kombination von VKM und EM sowie einer intelligenten Betriebsstrategie können Kundenanforderungen, wie gute Beschleunigungswerte und hoher Fahrspaß bei maximaler Verbrauchseinsparung realisiert werden. Die Komplexität und die damit verbundenen Kosten steigen dabei jedoch deutlich an.¹¹⁷ Die Kraftstoffeinsparung im NEFZ liegt hier bei bis zu 30% gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug mit konventionellem Antrieb.¹¹⁸

Plug-In-Hybrid

Full-Hybrid-Fahrzeuge können auch als Plug-In-Hybride ausgeführt werden. Hierbei werden größere Batterien verbaut, welche zusätzlich die Möglichkeit der Aufladung an einer Steckdose zulassen.¹¹⁹ Es handelt sich dabei um eine Art Mischform zwischen Hybridfahrzeug und Elektrofahrzeug. Die Hauptantriebsart ist der Elektromotor. Der sekundäre Antrieb, als Range-Extender ausgeführt, ist meist ein Verbrennungsmotor.¹²⁰ Kürzere Strecken werden rein elektrisch gefahren. Der Hybridantrieb wird hingegen dazu verwendet, um längere Distanzen zu bewältigen. Der Nachteil dieser Hybridtopologie liegt in den erhöhten Kosten und dem höheren Gewicht durch die

¹¹² Vgl. Hofmann (2010) S. 44

¹¹³ Vgl. Reif (2010) S.14

¹¹⁴ Vgl. Hofmann (2010) S. 44f

¹¹⁵ Vgl. Reif (2010) S.14

¹¹⁶ Vgl. Reif (2010) S.15

¹¹⁷ Vgl. Hofmann (2010) S. 46

¹¹⁸ Vgl. Reif (2010) S.15

¹¹⁹ Vgl. Reif (2010) S.15

¹²⁰ Vgl. Hofmann (2010) S. 46

Batterien sowie der begrenzten Ladeleistung an konventionellen Steckdosen, was zu langen Ladezeiten der Batterie führt.¹²¹

Die bei Hybridfahrzeugen zusätzlichen Freiheitsgrade lassen in Abhängigkeit der jeweiligen Hybridtopologie, wie zuvor angedeutet, unterschiedliche Betriebsmodi zu:¹²²

Rein verbrennungsmotorisches Fahren

Bei parallelen und leistungsverzweigten Hybridfahrzeugen ist eine Fortbewegung mit reinem Verbrennungsmotor, wie bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen, möglich.

Rein elektrisches Fahren

Je nach Größe der Batterie und der Art des Hybridkonzeptes bzw. der Topologie sind unterschiedlich lange Fahrtstrecken, vom reinen Anfahren bis hin zu einigen Kilometern, rein elektrisch möglich. In diesem Betriebsmodus bewegt sich das Fahrzeug nahezu geräuschlos und lokal emissionsfrei.

Hybridisches Fahren

In diesem Fahrzustand liefern sowohl der Verbrennungsmotor als auch die E-Maschine positives Drehmoment an die Antriebsräder. Das von den beiden Energiewandlern abgegebene Drehmoment addiert sich somit im Antriebsstrang. Die Aufteilung der Drehmomente von VKM und EM wird unter Berücksichtigung der Optimierungsziele (Kraftstoffverbrauch, Emissionen, max. Drehmoment) und des Zustandes der Batterie (SOC, Temperatur usw.) von der Hybridsteuerung vorgenommen.

Lastpunktanhebung

In Bereichen geringer Lasten läuft der Verbrennungsmotor in einem schlechten Wirkungsgradbereich. Unter Berücksichtigung des Batteriezustandes wird die VKM bewusst in höheren Lastregionen betrieben und gibt somit mehr Drehmoment ab als für den Vortrieb erforderlich ist. Das überschüssige Drehmoment wird dazu verwendet um mit der E-Maschine im Generatorbetrieb elektrische Energie, die in der Batterie zwischengespeichert wird, zu erzeugen.

Rekuperation

Im Schubbetrieb und beim Verzögern des Fahrzeuges wird das generatorische Bremsmoment des Elektromotors genutzt indem die kinetische Energie in elektrische umgewandelt und im Energiespeicher zwischengespeichert wird.

¹²¹ Vgl. Reif (2010) S.15

¹²² Vgl. Reif (2010) S.11ff

4 Innovative Ansätze und Methoden der AVL

Auf den folgenden Seiten werden die drei von der AVL vorgeschlagenen Ansätze beschrieben, um in weiterer Folge den in Kapitel 1.2 genannten Bewertungsfilter darauf anzuwenden. In Zusammenarbeit mit Fachexperten der AVL sowie durch Recherchen sind pro Ansatz die Grundlagen, die Problemstellung, die konventionelle Methode sowie der innovative Ansatz der AVL erhoben worden.

4.1 Modellbasierte Betriebsstrategie

Die Beweggründe und die Motivation zum Bau von Hybridfahrzeugen wurden bereits in Kapitel 2 erwähnt. Neben dem verfolgten Konzept, nach dem Hybridfahrzeuge gestaltet werden können, spielt die Wahl bzw. die Qualität der entwickelten Betriebsstrategie eine wichtige Rolle in Bezug auf die Effizienz der Fortbewegung. Auch bei der Wahl der „richtigen“ Betriebsstrategie können unterschiedliche Ziele verfolgt werden, wie z.B. Emissionsminderung, Kraftstoffeinsparung, Drehmomentsteigerung.¹²³ Um das jeweilige Ziel zu erreichen, ist die Betriebsstrategie für das Aufteilen des geforderten Drehmoments auf die Verbrennungskraftmaschine sowie auf die E-Maschine verantwortlich. Wegen der großen Bedeutung der Auslegung der Betriebsstrategie soll ein neuer Ansatz der AVL entwickelt werden, der speziell auf diese Anforderungen im Hybridbereich abzielt.

Definition und Abgrenzung der Betriebsstrategie

Bevor auf die Betriebsstrategie eingegangen wird, wendet sich die vorliegende Arbeit dem Antriebsstrangmanagement zu. Dies ist für die Koordination sämtlicher Funktionen der Komponenten des Antriebsstranges zuständig. Einfluss auf dieses Antriebsstrangmanagement haben sowohl der Fahrerwunsch als auch die jeweiligen Betriebsbedingungen. Dem gesamten Antriebsstrang bzw. dessen Management liegt nun die Betriebsstrategie zu Grunde. An oberster Stelle steht immer die Erfüllung des Fahrerwunsches. Wie aus der Einleitung bekannt, ist die Betriebsstrategie für die Erreichung der unterschiedlichen Ziele, wie minimaler Kraftstoffverbrauch, Emissionen oder auch Komfortwünsche, verantwortlich. Rahmenbedingungen und die Berücksichtigung unterschiedlicher Einflussfaktoren wie die Lebensdauervorgaben der

¹²³ Vgl. Reif (2010) S.23

Batterie dürfen dabei keinesfalls vernachlässigt werden. Die Berücksichtigung der Batterie beinhaltet sowohl den Batterieladezustand (SOC = State of Charge), den Energiedurchsatz durch die Batterie sowie die zulässigen Zelltemperaturbereiche. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Betriebsstrategie die elektrische Energieerzeugung, den elektrischen Energiekonsum und in erster Linie das Zusammenspiel zwischen der E-Maschine und dem Verbrennungsmotor sowie dem Getriebe, der Trennkupplung und der Peripherie koordiniert.¹²⁴

Abbildung 4-1 gibt einen Überblick über das gesamte Antriebsstrangmanagement und die dazugehörige Betriebsstrategie.

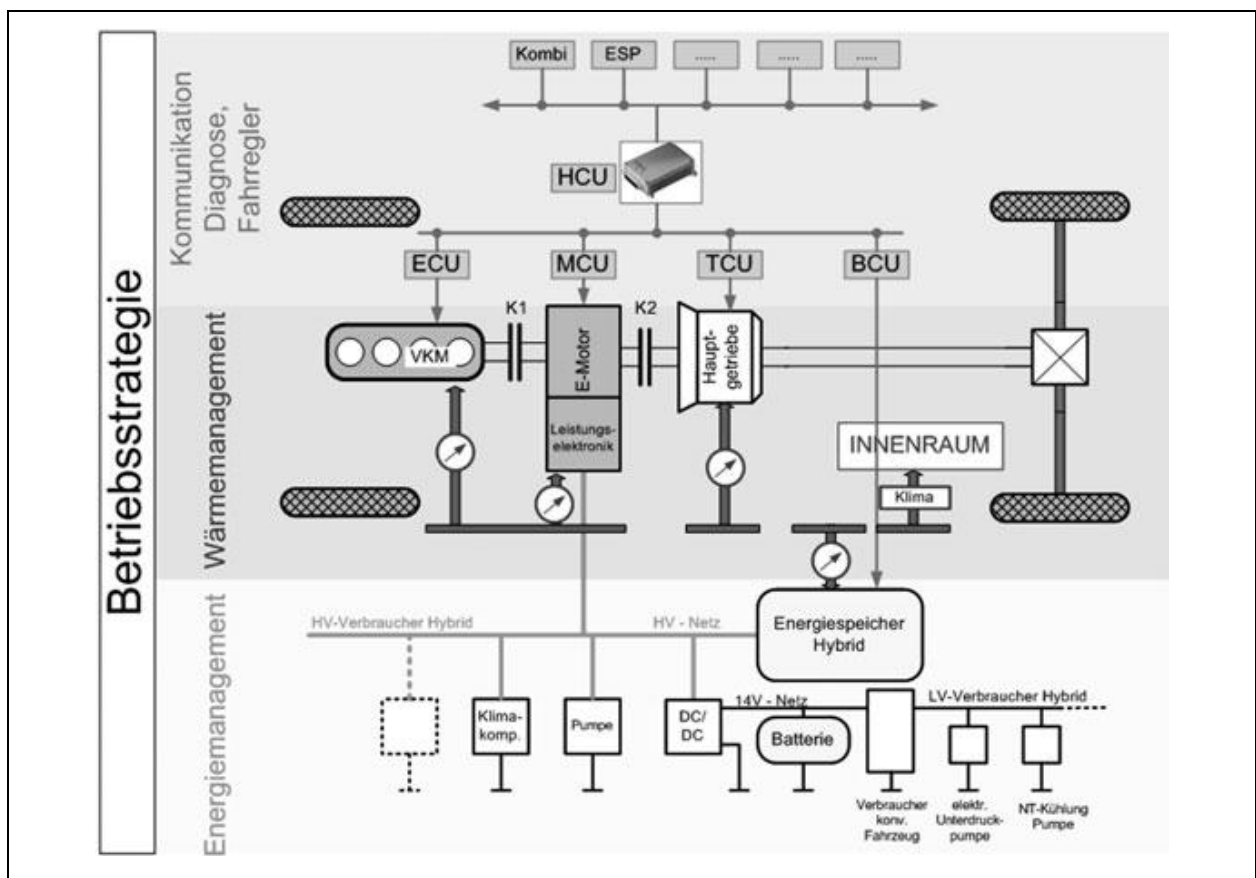


Abbildung 4-1: Das Antriebsstrangmanagement¹²⁵

Im obersten Drittel der Abbildung kann man das übergeordnete Hybridsteuergerät (HCU = Hybrid Control Unit) erkennen. In der HCU ist die fahrzeugübergreifende Betriebsstrategie implementiert. Dieses Modul ist mit allen anderen Steuergeräten, wie jenes des Verbrennungsmotors (ECU = Engine Control Unit), der E-Maschine (MCU = E-Motor Control Unit), des Getriebes (TCU = Transmission Control Unit) und dem

¹²⁴ Vgl. Hofmann (2010) S. 207f

¹²⁵ Hofmann (2010) S. 207

Steuergerät der Batterie (BCU = Battery Control Unit) verbunden. Auf der anderen Seite ist die HCU fahrerseitig mit verschiedenen Aus- und Eingabesystemen vernetzt.¹²⁶

Wie in Abbildung 4-1 ebenfalls erkennbar ist, stehen das Energiemanagement, das Wärmemanagement und die gesamte Fahrzeugkommunikation ebenfalls im Zusammenhang mit der Betriebsstrategie und sind dieser unterstellt.

Bei Hybridfahrzeugen stehen mehr Freiheitsgrade, durch das Vorhandensein von zwei eigenständigen Energiewandlern mit unterschiedlichen Energiespeichern, für die Fortbewegung als bei konventionellen Antriebskonzepten zur Verfügung. Daraus ergeben sich unterschiedliche Betriebszustände (auch Betriebsmodi genannt), die jedoch nur mit parallelen bzw. leistungsverzweigten Hybridfahrzeugen möglich sind:¹²⁷

Im Stillstand:

- **Motor aus – Start/Stopp**
- **Lastpunkthanhebung (LPA) im Stillstand:** Die Verbrennungskraftmaschine treibt die E-Maschine zur Stromerzeugung an.

Beim Fahren:

- **Rekuperation:** Beim Wunsch des Fahrers das Fahrzeug zu verzögern, unterstützt dies die E-Maschine durch Umschalten in generatorischen Betrieb.
- **Lastpunkthanhebung (LPA) bei Fahrt:** Die vom Verbrennungsmotor erzeugte mechanische Energie wird zusätzlich für die Stromerzeugung über die E-Maschine verwendet.
- **Elektrisches Fahren und Sonderfall „Segeln“:** Der Antrieb erfolgt rein über die E-Maschine. Der Verbrennungsmotor ist in diesem Betrieb abgeschaltet. Beim „Segeln“ wird von keiner der beiden Maschinen ein Drehmoment an das Fahrzeug abgegeben, d.h. das Fahrzeug rollt ohne Antriebsenergie, bzw. es wird von der E-Maschine jene Leistung abgegeben, die nötig ist um die Geschwindigkeit zu halten.
- **Boosten:** Hier wird der Verbrennungsmotor durch zusätzliches Moment von der E-Maschine unterstützt.
- **Reiner VKM-Betrieb:** Der Antrieb erfolgt konventionell ausschließlich über die Verbrennungskraftmaschine.

¹²⁶ Vgl. Hofmann (2010) S. 207

¹²⁷ Vgl. Hofmann (2010) S. 208f

Die oben angeführten Betriebsmodi unterliegen definierten Bedingungen, die mit Hilfe der Betriebsstrategie in Abhängigkeit von unterschiedlichen Eingangsgrößen ausgewählt werden. Diese Größen können u.a. der Fahrerwunsch bzw. dessen Fahrverhalten (Fahrpedalstellung, Bremspedalstellung, Fahrtrichtung, Heizungs- bzw. Klimaeinstellung, Zieldaten des Navigationssystems usw.), systeminterne Daten (Drehmomente der Aggregate, Fahrgeschwindigkeit, Batterieladezustand, Temperatur usw.) sowie gelernte Daten (Vorgeschichte, Strecken, Daten aus Verkehrsinfosystemen, usw.) sein. Aus diesen Eingangsgrößen ergeben sich dann gewisse Ausgangsgrößen, aus denen sich wiederum Befehle an die jeweiligen Komponenten ergeben (siehe Abbildung 4-2).¹²⁸

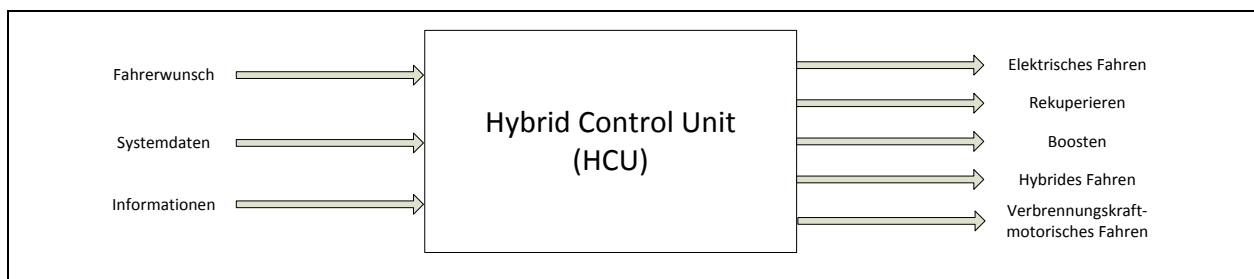


Abbildung 4-2: Einfluss auf die Betriebsstrategie¹²⁹

Bei der Betriebsstrategie muss unterschieden werden, ob die gefahrene Strecke dem System im Vorhinein bekannt oder unbekannt ist. Bekannte Fahrtstrecken erhält man z.B. durch Eingabe der Zielkoordinaten in ein mit dem Fahrzeug vernetztes Navigationssystem inklusive dem dazugehörigen Höhenprofil der Strecke. Daten über die aktuelle Verkehrssituation und weitere Randbedingungen wären hier ebenfalls notwendig. Da alle benötigten Informationen in der Regel nicht vorliegen, ist eine optimale Betriebsweise für die zurückgelegte Strecke nicht möglich.¹³⁰

Bei Hybridfahrzeugen kann zwischen „kausalen“ und „nicht kausalen“ Betriebsstrategien unterschieden werden. Eine Differenzierung zwischen optimalen und suboptimalen Strategien ist ebenfalls gebräuchlich. In der Praxis sind jedoch oft heuristisch erzeugte Betriebsstrategien die Regel. Von „**kausalen**“ **Betriebsstrategien** spricht man, wenn nur aktuell verfügbare Daten und evtl. Statistikdaten zur Verfügung stehen. Da das genaue Fahrprofil sowie das Fahrerverhalten und die Verkehrssituation nicht vorhergesagt werden können, ist dieser Strategietyp die Regel. Bei den „**nicht kausalen**“ **Verfahren** muss unter anderem das Fahrprofil bekannt sein. Nur so kann eine optimale Lösung abgeleitet werden. Von **optimalen Betriebsstrategien** spricht man hingegen, wenn diese auf das Erreichen einer bestimmten Bedingung in einem

¹²⁸ Vgl. Hofmann (2010) S. 209

¹²⁹ Eigene Darstellung

¹³⁰ Vgl. Hofmann (2010) S. 209f

bekanntem Zyklus ausgelegt werden. Eine dieser Bedingungen kann z.B. minimaler Kraftstoffverbrauch sein. Die Grenzen der Randbedingungen wie Batterieladezustand (SOC), Energiedurchsatz durch die Batterie, maximale Leistung der elektrischen Komponenten, Temperaturen, und vieles mehr dürfen dabei jedoch nicht vernachlässigt werden. In der Praxis werden die „nicht kausalen“ Betriebsstrategien in „kausale“ überführt. Es wird jedoch versucht, der optimalen Strategie nahe zu kommen. In diesem Fall spricht man von **suboptimalen Strategien**. Basiert die Betriebsstrategie auf mathematischen Modellen so wählt diese die Betriebsmodi z.B. in Abhängigkeit von Fahrzeuggeschwindigkeit und erforderlichem Drehmoment. In diesem Fall spricht man von einer **heuristischen Betriebsstrategie**, (siehe Abbildung 4-3). Diese Steuerungsarten werden in der Praxis oft verwendet. Die oben genannten Randbedingungen müssen auch hier eingehalten werden.¹³¹

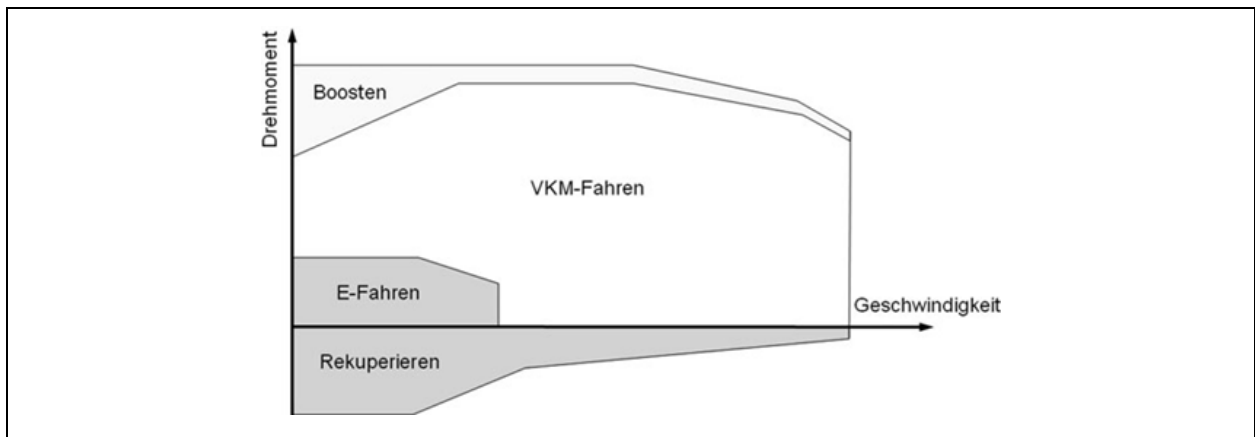


Abbildung 4-3: Wahl der Betriebsmodi in Abhängigkeit von Drehmoment und Fahrgeschwindigkeit¹³²

Heuristische Betriebsstrategien sind verhältnismäßig einfach zu implementieren. Sind diese dazu noch gut abgestimmt, können mit dieser Methode sehr zufriedenstellende Ergebnisse erlangt werden.¹³³

Stand der Technik

Bevor die Art der Betriebsstrategie gewählt werden kann, muss laut Fachexperten der AVL, einiges berücksichtigt werden: Die Wahl und somit die Auslegung der Betriebsstrategie steht immer im Zusammenhang mit dem Gesamtfahrzeug, den verwendeten Komponenten, dem verfolgten Ziel, der Art der Hybridisierung, usw. Sind

¹³¹ Vgl. Hofmann (2010) S. 210ff

¹³² Hofmann (2010) S. 213

¹³³ Vgl. Hofmann (2010) S. 213

das Fahrzeug und das Hybridkonzept mit allen beteiligten Komponenten ausgewählt, kann für dieses Gesamtpaket eine bestmögliche Betriebsstrategie erarbeitet werden. Wieso die Entwicklung und die Kalibrierung von Hybridfahrzeugen so komplex ist, kann mit den bei diesen Fahrzeugen zusätzlich entstehenden Freiheitsgraden aufgrund zweier Antriebsarten (verbrennungsmotorisch und elektrisch) erklärt werden. Genau durch diese Vieldimensionalität können mit Hybridfahrzeugen Vorteile generiert werden, die eine Wirkungsgradsteigerung mit sich bringen. Jedoch erhöht genau diese Vieldimensionalität die Komplexität des Gesamtfahrzeuges.

Vorerst geht man von einer heuristischen Betriebsstrategie aus. Wie zuvor beschrieben und in Abbildung 4-3 ersichtlich, besteht eine Abhängigkeit zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem erforderlichen Drehmoment. Zusätzlich muss jedoch noch auf eine Reihe von Randbedingungen Rücksicht genommen werden, wie z.B. auf den Ladezustand der Batterie (SOC = State of Charge), den Alterungs- bzw. Gesundheitszustand der Batterie (SOH = State of Health), die Temperatur der Batterie, die Antriebskomponenten, die Umgebung, die aktuellen Modi, den Fahrzustand, usw. Die Änderung einer dieser Randbedingungen hat Einfluss auf alle anderen Bedingungen. Hierzu betrachten wir ein Zündkennfeld eines Verbrennungsmotors. Der Zündwinkel ergibt sich dabei aus der Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Lastzustand. Für die Erstellung eines solchen Kennfeldes kann man z.B. jeweils nur zwei Dimensionen betrachten; z.B. Motordrehzahl und Zündwinkel bei einer konstanten Motorlast. Solche Diagramme werden für beliebig viele Motorlasten zwischen null und hundert Prozent durchgeführt. Die Bereiche zwischen den gewählten Lasten können interpoliert werden. Führt man alle Daten zusammen, erhält man das vollständige dreidimensionale Zündkennfeld.

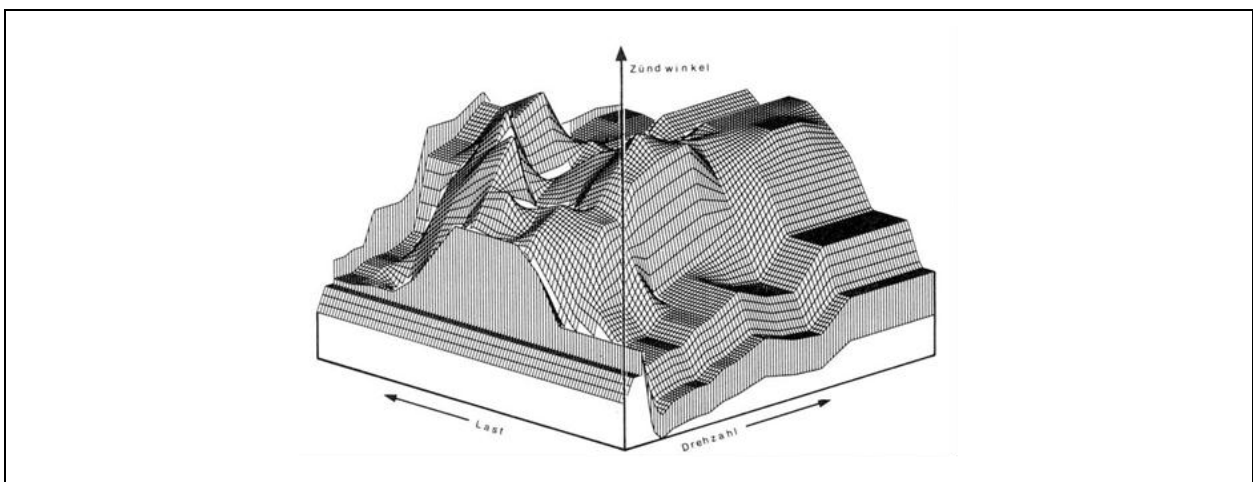


Abbildung 4-4: Beispiel für ein Zündkennfeld¹³⁴

¹³⁴ motor-talk Homepage, Zugriffsdatum 29.09.2012

Die Werte müssen dabei empirisch ermittelt werden. Was für dreidimensionale Abhängigkeiten verhältnismäßig einfach von statten geht, ist für fünf-, sechs-, sieben- und mehrdimensionale Abhängigkeiten weitaus komplizierter. Da der Aufwand bei empirischer Ermittlung sehr hoch ist, werden oft nicht einmal der gesamte Bereich sondern nur Ausschnitte gewisser Größen beachtet, die erfahrungsgemäß am wichtigsten sind.

Ein weiterer Nachteil, der sich bei dieser Vorgehensweise ergibt, ist, dass durch die empirische Ermittlung der Werte diese nur für dieses eine Gesamtfahrzeug mit allen seinen Komponenten Gültigkeit hat. Wird z.B. bei einem Fahrzeug der Elektromotor gegen einen anderen ersetzt, hat diese Änderung Einflüsse auf alle anderen ermittelten Werte. Dadurch muss der gesamte oder zumindest ein Großteil des empirischen Prozesses wiederholt werden. Gleiches gilt bei unterschiedlichen Fahrzeugvarianten.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass neben dem hohen Aufwand der empirischen Datenermittlung unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren diese Daten nicht bzw. nur bedingt für weitere Anwendungsfälle verwendet werden können. Der Vorgang muss quasi für jede neue Variante durchgeführt werden. Abhilfe schafft hier ein modellbasierter Ansatz für die gesamte Applikation.

Der innovative Ansatz der AVL

Der innovative Ansatz, den die AVL für die Problemstellung der Violdimensionalität wählt, basiert auf dem AVL eigenen Tool CAMEO.

AVL bietet mit CAMEO ein Verfahren für eine effiziente Versuchsplanung (DoE = Design of Experiments) an, das auch online durchgeführt werden kann. Zusätzlich kann eine automatisierte Abstimmung der unterschiedlichen Fahrzeugparameter durchgeführt werden.¹³⁵ In der Motorenentwicklung ist dieses Vorgehen bereits Standard. Für die Entwicklung von Hybridfahrzeugen soll dieser Ansatz adaptiert werden.

Das Verfahren von CAMEO kombiniert eine statistische Versuchsplanung mit geometrischen Methoden, aus denen automatische Versuchspläne resultieren. Diese Versuchspläne können modifiziert werden. Der Ansatz funktioniert auch bei stark nichtlinearem Verhalten der einzelnen Parameter. Der größte Vorteil, den CAMEO bietet, ist die Fähigkeit, stabile Betriebsbereiche der Komponenten bzw. Grenzen innerhalb derer diese Komponenten betrieben werden sollen, ohne Unterstützung des Entwicklungsingenieurs automatisch zu identifizieren. Mit DoE kombiniert man, wie

¹³⁵ Vgl. Gschweidl et al. (2001), S.2

oben beschrieben, statistische und mathematische Methoden zu einem Verfahren, um ein Experiment effizient zu planen und durchzuführen. Es werden genau jene Versuche bzw. Messungen bestimmt, die notwendig sind, um die Parameter eines mathematischen Modells von einem physikalischen System eindeutig unter Berücksichtigung der geringstmöglichen Abhängigkeit zu bestimmen. Von Messpunkt zu Messpunkt wird dabei im Allgemeinen mehr als eine Einflussgröße verändert.¹³⁶

In Abbildung 4-5 ist der Ablauf anhand einer Kalibrierung eines Verbrennungsmotors anschaulich dargestellt. Bei konventionellen Methoden ist ein Ingenieur beim Erstellen einer Testprozedur aufgrund der unzähligen Abhängigkeiten der einzelnen Einflussfaktoren schnell überfordert bzw. kann diese nur mit hohem Aufwand erledigen. Mit dem DoE-Ansatz wird der Testablauf durch das Programm generiert. Einzelne Randbedingungen, wie z.B. mögliche Zündwinkel, Zünd- und Klopfgrenzen bzw. für die Hybridanwendung Drehmomentkennlinien der VKM und des EM, Eigenschaften der Batterie usw. werden dem System vorgegeben. Mit dem erhaltenen Versuchsablauf können auf dem Prüfstand vollautomatisch Tests abgefahren werden. Die aus dem Testlauf gewonnenen Daten werden wiederum von CAMEO zu einem Modell verknüpft. Aus diesem Modell lassen sich Bereiche erkennen, in denen die einzelnen Komponenten besonders gut und effizient funktionieren. Mit diesen optimalen Betriebsbereichen lässt sich im Anschluss eine Betriebsstrategie ableiten, welche sich für die jeweilige Zielvorgaben optimieren lässt.

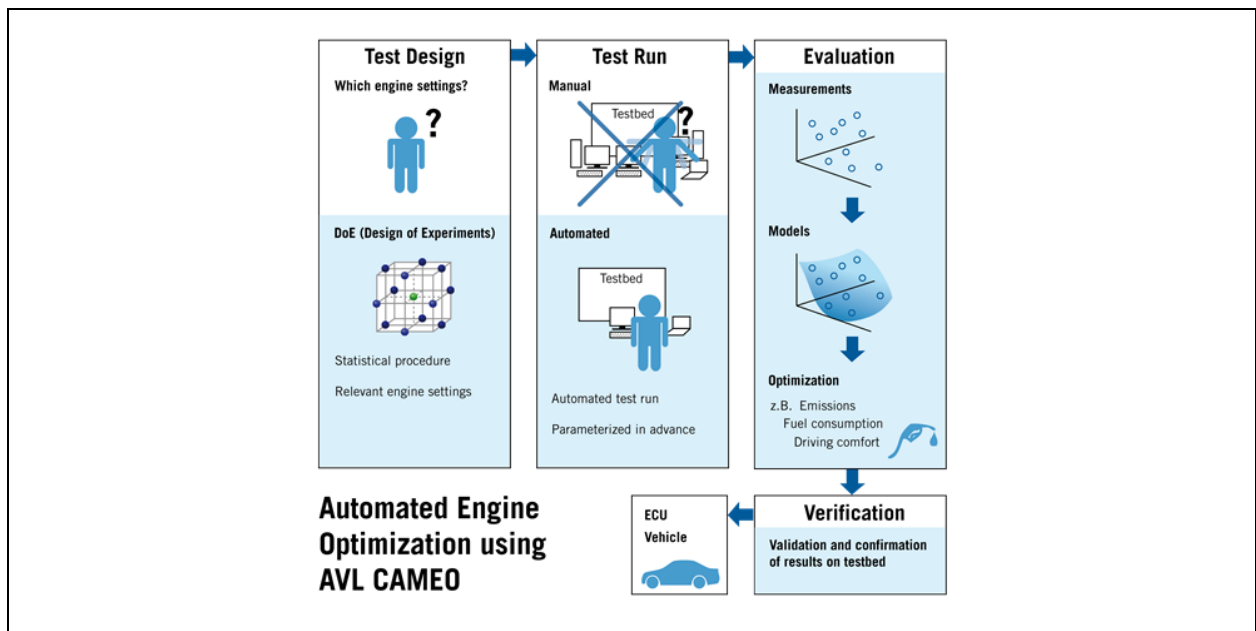


Abbildung 4-5: AVL CAMEO Workflow¹³⁷

¹³⁶ Vgl. Gschweidl et al. (2001), S.2

¹³⁷ AVL interne Quelle: CAMEO, CAMEO Offline Package for Office Use

Die Vorteile, die sich bei dem Kalibrationsprozess mit AVL CAMEO ergeben, sind:¹³⁸

- *„Durch intelligente Methoden erhält man qualitativ hochwertige Messdaten, die die Grundlage für optimale Ergebnisse sind.“*
- *„Die automatisierte Methode erfordert keine detaillierten mathematischen Vorkenntnisse des Applikationsingenieurs und spart überdies noch Zeit.“*
- *„Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass es zu einer Zeit- und Kostenersparnis bei gleichzeitig hoher Qualität der Ergebnisse kommt.“*

Durch den Einsatz von CAMEO können die Abhängigkeiten der einzelnen Komponenten sowie deren Einflüsse erkannt und dargestellt werden. Auf diese Weise lassen sich Funktionen erstellen, die bei der Kalibrierung – speziell bei der Variantenkalibrierung – enorme Vorteile bringen. Wie zuvor beschrieben, muss bei Änderung einer Komponente oder bei einer anderen Fahrzeugvariante ein Großteil der Kalibrierung neu durchgeführt werden. D.h. mit einem konventionellen Ansatz ist eine Variantenkalibrierung schwer bzw. nur mit hohem Aufwand möglich. Die AVL geht neben der Adaptierung von CAMEO für die Hybridapplikation mit der Verwendung eines modellbasierten Ansatzes noch einen Schritt weiter.

Bei einem modellbasierten Ansatz werden alle Komponenten als einzelne Einheit modellhaft abgebildet. Das Ziel ist eine Baukasten-Struktur, die eine verhältnismäßig einfache und schnelle Variation der Bauteile zulässt. Um dies zu ermöglichen ist es notwendig, dass sich die Parameter an den (Kommunikations-) Schnittstellen der Komponenten auf gleiche physikalische Einheiten beziehen. Im Grunde bedeutet dies, dass alle Eigenschaften und Funktionen durch eine Funktion in Abhängigkeit von Drehmoment M und Drehzahl n bzw. durch die daraus resultierende Leistung abgebildet werden müssen. Diese Vorgehensweise soll anhand des Kraftflusses im Fahrzeug veranschaulicht werden.

Abbildung 4-6 zeigt einen schematischen Antriebsstrang eines Parallelhybriden. Dieser besteht vereinfacht aus den Komponenten Verbrennungskraftmaschine (VKM), Trennkupplung, Elektromotor (EM), Getriebe sowie dem Radantrieb mit den beiden Antriebsrädern. An definierten Schnittstellen müssen einheitliche Führungsgrößen übertragen werden. Jedes der Module spricht also die gleiche Sprache, was die Applikation sowie die Kalibrierung wesentlich vereinfacht.

¹³⁸ AVL interne Quelle: CAMEO, CAMEO Offline Package for Office Use

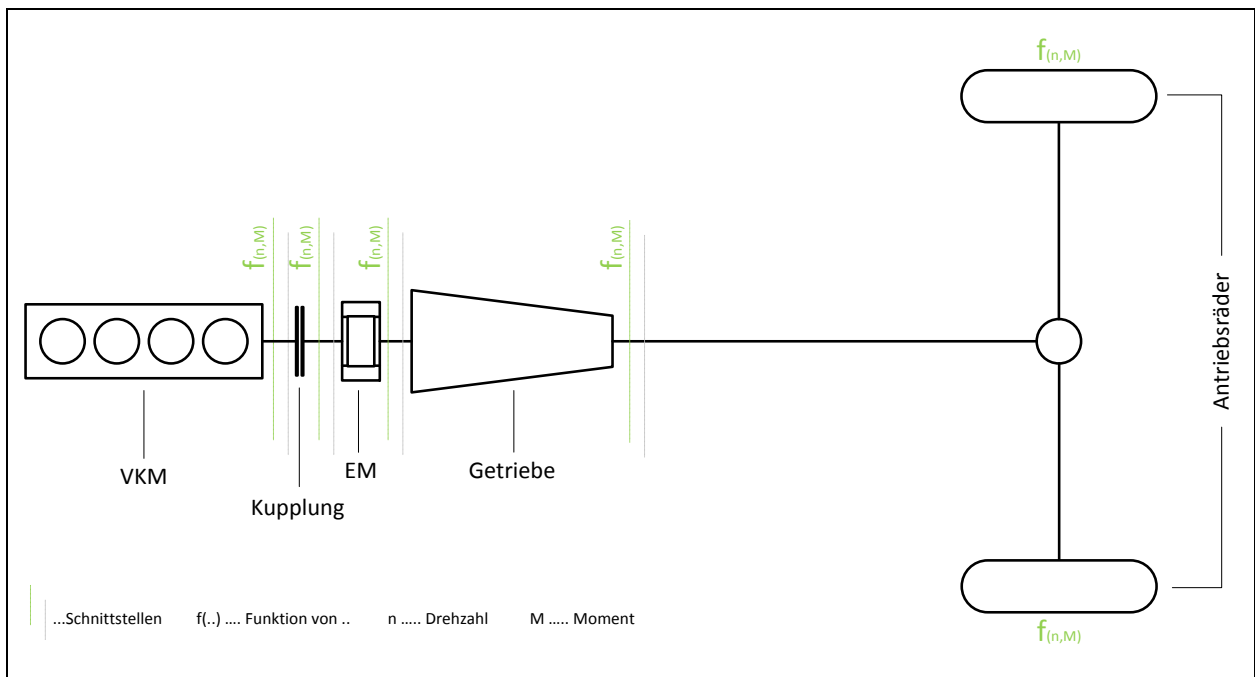


Abbildung 4-6: Normierte Schnittstellen eines modellbasierten Ansatz¹³⁹

Um alle Bauteile und deren Charakteristika auf eine Funktion gleicher physikalischer Führungsgrößen zu beziehen ist jedoch eine gewisse Vorarbeit notwendig.

4.2 Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid

Die Fahrzeugdiagnose ist ein sehr umfangreiches Themengebiet. Da hier ein Ansatz vorgestellt werden soll, der den Arbeitsaufwand für die Entstehung eines fahrzeugspezifischen Überwachungssystems verringert, erfolgt die Beschreibung dieser Methode anhand eines Anwendungsfalles. Bevor auf die Diagnosekalibrierung eingegangen wird, erfolgt zuvor eine kurze Beschreibung der Grundlagen.

Definition und Abgrenzung der Diagnose

Mit Diagnose wird meist sofort ein Begriff aus der Medizin assoziiert. Dieser Gedanke ist grundsätzlich nicht falsch. Bei einer Krankheit werden Informationen gesammelt, die in weiterer Folge mit den auftretenden Symptomen zur Krankheitsursache führen. Die Diagnose kann somit als Vorgehen bezeichnet werden, das die Ursache für eine auftretende Unregelmäßigkeit aufdeckt. Das Finden der tatsächlichen Ursache ist Voraussetzung, um die Krankheit und nicht nur das Symptom zu behandeln bzw. zu beseitigen. Ein umfassendes und vernetztes Wissen ist eine notwendige Bedingung für

¹³⁹ Eigene Darstellung

eine qualitativ hochwertige Diagnose. Brockhaus definiert „Diagnose“ als das Feststellen, Prüfen und Klassifizieren von Merkmalen mit dem Ziel der Einordnung zur Gewinnung eines Gesamtbildes. Diese allgemein formulierte Aussage zeigt auf, dass die Diagnose über die Stränge der Medizin hinausschlägt und somit auch in anderen Bereichen, z.B. in der Technik, Anwendung findet.¹⁴⁰

Die bei Kraftfahrzeugen auftretenden Symptome können wie in der Medizin trivial (z.B. defekte Beleuchtung), zum Teil aber auch komplex sein. Ein merkbarer Leistungs- bzw. Drehmomentverlust wird nicht mit dem Austausch des gesamten Verbrennungsmotors „behandelt“ werden. Eine entsprechende Untersuchung bzw. eine ständige Überwachung des Gesamtsystems diagnostiziert die Fehlerursache und führt zu einer weit günstigeren - aus Sicht des Endverbrauchers – und nachhaltigeren Lösung des Problems. Durch die hohe Anzahl an computergesteuerten und -überwachten Komponenten und der damit verbundenen gestiegenen Komplexität, bekommt die Fahrzeugdiagnose seit Jahren einen stetig steigenden Stellenwert.¹⁴¹

Ohne entsprechende Diagnosesysteme wäre ein reibungsfreier Ablauf in modernen Fahrzeugen nicht mehr möglich. Grundsätzlich müssen zwei unterschiedliche Methoden der Fahrzeugdiagnose differenziert werden:¹⁴²

- Eigendiagnose
- Fremd- oder Offboarddiagnose

Bei der Eigendiagnose überprüfen die Steuergeräte im Fahrzeug sich selbst sowie ihre Umgebung. Wann und wie oft diese Überprüfung stattfindet, ist vom Kalibrations-Ingenieur individuell festlegbar. Dies kann z.B. zyklisch oder auch beim Eintreten/Überschreiten einer Randbedingung erfolgen. Ein klassisches Beispiel der Eigendiagnose ist die On-Board-Diagnose (OBD). Hier handelt es sich, ursprünglich von Kalifornien bzw. durch dessen Gesetzgebung initiiert, um eine permanente Überwachung aller abgasrelevanten und abgasbeeinflussenden Komponenten (z.B. Lambda-Sonde, Zündung, Luftführung, Einspritzung, Abgasnachbehandlung usw.) im Fahrzeug. Bei dieser Überwachung müssen die Messwerte auf die Einhaltung bestimmter vordefinierter Grenzwerte permanent überprüft werden. Werden diese Grenzen überschritten, erscheint eine Fehlermeldung. In weiterer Folge werden alle auftretenden Fehler im Fehlerspeicher eines jeden Steuergeräts gespeichert. Dies dient unter anderem dazu, dass Fehler zu einem späteren Zeitpunkt noch nachvollziehbar

¹⁴⁰ Vgl. Wallentowitz (2006), S. 609

¹⁴¹ Vgl. Wallentowitz (2006), S. 609

¹⁴² Vgl. Wallentowitz (2006), S. 610

sind. In einem Fehlerspeicher eines Steuergeräts werden neben den OBD-relevanten Fehlern auch alle anderen Unregelmäßigkeiten gespeichert. Um einen Einblick in die Steuergeräte und deren Fehlerspeicher zu bekommen, können diese mit Lesegeräten (Scantools) ausgewertet werden. Das Auslesen der Steuergeräte mittels Scantools ist ein Beispiel für die zweite Sparte der Fahrzeugdiagnose, der Fremd- oder Offboard-Diagnose. Anfänglich wurden die Fehler mittels eines Blinkcodes einer internen oder externen Kontrolllampe festgestellt bzw. zumindest eingegrenzt. Heute werden über eine einheitliche Schnittstelle im Fahrzeuginnenraum und ein vollelektronisches Diagnosegerät die Fehler ausgelesen. Weiters kann eine Vielzahl von Sensoren und Aktoren angesteuert sowie eine Reihe von Zusatzfunktionen mit diesen Geräten ausgeführt werden.¹⁴³

Überwachung des Moduswechsel VKM – EM

Die Fahrzeugdiagnose und die Fahrzeugüberwachung ist sehr komplex. Mit der Vielzahl an zusätzlichen elektronischen Elementen - speziell in Hybridfahrzeugen - die überdies noch miteinander kommunizieren müssen, ist die Auslegung der Diagnosestrategie extrem aufwändig. Wie die AVL mit ihrer Methode an diese Problematik herangeht wird anhand eines Moduswechsels beschrieben.

Je nach ausgeführtem Konzept sind Hybridfahrzeuge zum Teil in der Lage elektrisch, verbrennungsmotorisch oder in einer Kombination aus beiden Antriebskomponenten zu fahren. Die Rede ist von parallelen oder leistungsverzweigten Hybridkonzepten, bei denen unterschiedliche Betriebszustände grundsätzlich möglich sind (siehe S. 44f).¹⁴⁴

- **Motor aus – Start/Stop**
- **Lastpunktanhebung (LPA)**
- **Rekuperation**
- **Elektrisches Fahren**
- **Boosten**
- **Reiner VKM-Betrieb**

Wenn von einem Moduswechsel die Rede ist, bedeutet dies eine Änderung der Betriebsart, z.B. von rein elektrischem Fahren auf rein verbrennungsmotorisches Fahren. Die Schwierigkeit bei diesem Wechsel liegt darin, dass das Umschalten störungsfrei und für den Fahrer weitgehend nicht spürbar vonstattengehen muss.

¹⁴³ Vgl. Wallentowitz (2006), S. 610

¹⁴⁴ Vgl. Hofmann (2010), S. 208f

Dieser nahtlose Drehmomentübergang zwischen der E-Maschine und der Verbrennungskraftmaschine unterliegt der Überwachung des Diagnosesystems. In der nachfolgenden Grafik, Abbildung 4-7 ist dieser Ablauf dargestellt.

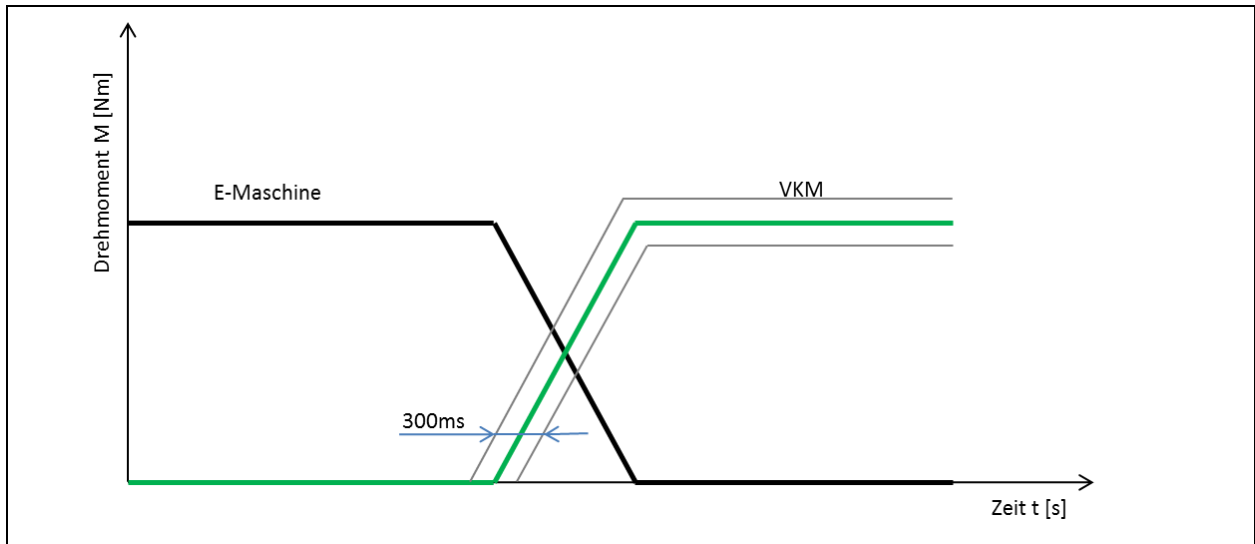


Abbildung 4-7: Drehmomentübergabe Moduswechsel VKM – E-Maschine¹⁴⁵

Ein typischer Betriebsfall bei Hybridfahrzeugen ist das elektrische Anfahren mittels der E-Maschine. Es wird angenommen, dass das Fahrzeug mit konstantem Drehmoment bis zu einer maximalen Geschwindigkeit, die mit rein elektrischem Antrieb möglich ist, beschleunigt. Nach Erreichen dieser Höchstgeschwindigkeit oder der maximalen Reichweite schaltet sich der Verbrennungsmotor hinzu. Das Drehmoment, das an den Antriebsrädern anliegt, muss während des Übergangs von E-Maschine auf Verbrennungskraftmaschine sowie bei dem darauffolgenden reinen VKM Betrieb – zumindest vorerst – konstant sein. D.h. im Übergangsbereich muss die Summe des Drehmoments, das aus beiden Antriebselementen gebildet wird, dem zuvor anliegenden Drehmoment entsprechen, sodass es zu einem fließenden Drehmomentübergang kommt. Weiters darf es in keinem der drei Bereiche – VKM, VKM+EM, EM – zu Schwankungen oder Ausschlägen im Drehmoment kommen. In der Realität ist der Drehmomentverlauf, auch wenn dieser als linear angenommen wird, aufgrund dynamischer Vorgänge im Antriebsstrang nicht linear. Abbildung 4-7 ist somit eine idealisierte Darstellung. Diese dynamischen Drehmomentschwankungen müssen allerdings begrenzt werden. Kleine Abweichungen werden durch den Antriebsstrang kompensiert, sodass sie vom Fahrer nicht bzw. nicht als störend wahrgenommen werden. Dies ist jedoch nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Wie weit die Grenzen sind, in der sich das tatsächliche Drehmoment vom vorgegebenen Soll Drehmoment entfernen darf, unterliegt dem Kalibrations-Ingenieur bzw. ist in weiterer Folge von den

¹⁴⁵ Eigene Darstellung

Kundenanforderungen abhängig. Es kommt dabei nicht nur darauf an, wie weit sich das Ist-Moment vom Soll-Moment entfernt und ob die Grenzen überschritten werden, sondern auch wie lange diese Abweichungen andauern. Man erkennt also, dass bereits diese einfache Diagnosefunktion von zwei Einflussfaktoren, der Drehmomentabweichung und der zugehörigen Zeitspanne, abhängig ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei dieser Diagnosekalibrierung sowohl die Grenzen der absoluten Drehmomentabweichung als auch die Dauer der Abweichung festzulegen sind. Die erlaubten Bereiche sind aber auch so zu wählen, dass das System nicht überempfindlich reagiert und somit ständig Fehldiagnosen, also falsche bzw. nicht gerechtfertigte Fehlerdiagnosen liefert.

Stand der Technik

Die gesamte Diagnosebedatung und Diagnosekalibrierung läuft heutzutage iterativ ab. D.h. an einem bestehenden System, sei es ein Antriebsstrang oder das Gesamtfahrzeug, wird die Diagnosefunktion vorerst mit Erfahrungswerten bedatet. Bezogen auf das angeführte Beispiel wird, bei konventioneller Methode, der Zeitkorridor für die Drehmomentübergabe z.B. auf 500ms gesetzt. Im Anschluss wird eine Testfahrt mit diesem Datenstand gefahren und bewusst Fehler provoziert, um das Verhalten zu testen. Schlägt die Fehlerdiagnose dabei nicht an, wird dieser Ablauf so lange mit immer enger gesteckten Grenzen wiederholt, bis die Diagnose den Fehler richtig erkennt. Ist die Breite des Korridors definiert, muss dieser jedoch noch validiert werden, um eine zu frühe bzw. fehlerhafte Fehlerdiagnose auszuschließen.

Diese Art der Diagnosebedatung erfordert einen, besonders bei der Betrachtung aller Diagnosefunktionen, immensen Zeitaufwand.

Der innovative Ansatz der AVL

Beim innovativen Ansatz der AVL handelt es sich um eine Offlinekalibrierung. Das bedeutet, dass der Entwicklungsvorgang fast ausschließlich außerhalb des Fahrzeuges, stattfindet. Die Diagnosekalibrierung findet hauptsächlich am Schreibtisch statt. Die Vorgehensweise, die die AVL mit diesem Ansatz durchführt, beruht auf dem Frontloading-Ansatz (siehe Abbildung 4-8).

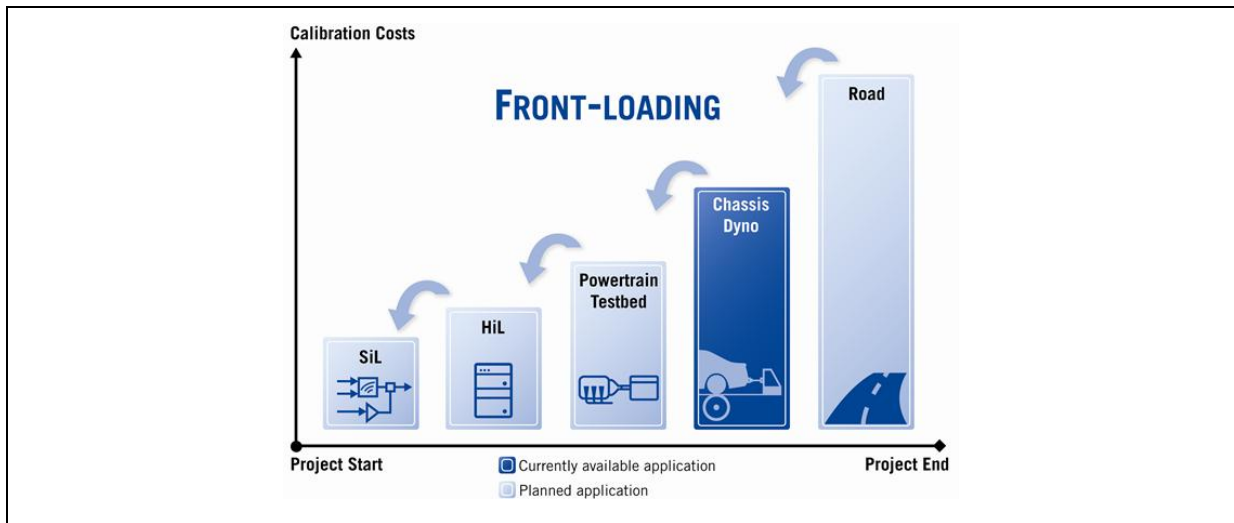


Abbildung 4-8: Der Frontloading-Ansatz¹⁴⁶

Das Ziel beim Frontloading ist es, den Entwicklungsaufwand und die damit verbundene Entwicklungsdauer zu reduzieren. Dies geschieht indem man die Arbeit sukzessive von der Straße über den Prüfstand und schlussendlich auf die Simulation verlagert. Durch dieses Vorgehen werden überdies auch weniger Versuchsträger (Prototypen) benötigt, was eine zusätzliche Ressourceneinsparung mit sich bringt. Der innovative Ansatz, den die AVL zur Offlinekalibrierung der Diagnosefunktionen bei Hybridfahrzeugen verwendet, beruht auf den „AVL Calibration Technologies“ und besteht aus insgesamt drei AVL Tools. Eines dieser Tools dient dazu, die hohe Anzahl an Kalibrationsdaten zu verwalten. Die anderen beiden Programme sind für die Teststrategien sowie für den eigentlichen Kalibrationsprozess zuständig. Die gesamte Toolkette der AVL Calibration Technologies ist in Abbildung 4-9 dargestellt.

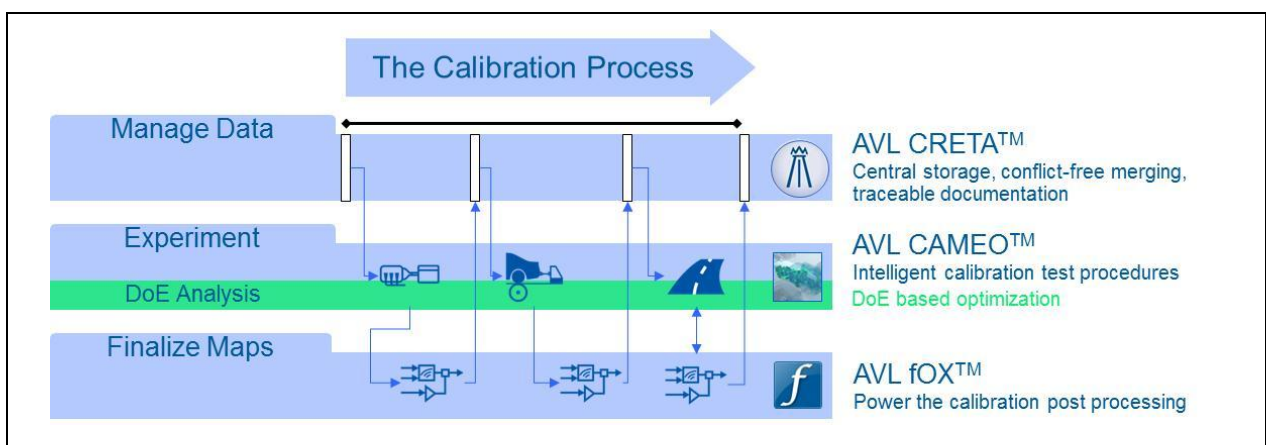


Abbildung 4-9: AVL Calibration Technologies¹⁴⁷

Die verwendeten Programme sind AVL CRETATM, AVL CAMEOTM und AVL FOX™.

¹⁴⁶ AVL interne Quelle: ACT-Training

¹⁴⁷ AVL interne Quelle: General Sales Presentation - AVL FOX™

AVL CRETA ist hierbei für das Datenmanagement zuständig. Aufgrund der hohen Anzahl von Steuergeräteparametern und der bei der Entwicklung meist weltweiten Verteilung der zuständigen Kalibrations-Ingenieure, ist eine saubere und leicht zu handhabende Struktur der Kalibrationsdaten erforderlich. Zudem müssen die Daten der Steuergeräte immer wieder geändert und angepasst werden. Um den aktuellen Stand der Daten jedem zuständigen Ingenieur weltweit und in Echtzeit zugänglich zu machen, wird AVL CRETA verwendet. Jede Änderung die bei den Datensätzen vorgenommen wird, wird dokumentiert. Dies dient der Nachvollziehbarkeit von Aktualisierungen sowie im Weiteren der konfliktfreien Interaktion mit anderen Systemen oder Parametern. Robuste finale Datensätze haben oberste Priorität und können mit AVL CRETA auf realisiert werden.¹⁴⁸

AVL CAMEO ist verantwortlich für intelligente Testabläufe sowie für DoE-Methode. Jede Steuereinheit und jeder Kalibrationsablauf erfordert eine eigene Testprozedur. Diese Abläufe sind oft zeitintensiv. Um dem entgegenzuwirken und hochqualitative Ergebnisse zu erlangen, sind sogenannte intelligente Kalibrationsabläufe erforderlich. Aufgrund der vielen Freiheitsgrade ist es oft schwierig mittels empirischer Ermittlung das Optimum bei der Kalibrierung von Daten zu erlangen. Aufgrund dessen sind analytische Methoden, wie DoE-Methoden notwendig, um in verhältnismäßig kurzer Zeit robuste und bezahlbare Resultate zu erhalten.¹⁴⁹

AVL fOX bildet das Herzstück der Kalibrierung. Außerdem ist eine Onboardkalibrierung oft nicht oder nur mit hohem finanziellen Aufwand möglich. Hier kommen die Vorteile des Frontloading-Ansatzes, den die AVL verfolgt, besonders zur Geltung. Aufgrund von Messungen, die auf der Straße, dem Prüfstand oder aus einer Simulation stammen, werden mathematische Modelle gespeist, die die Grundlage für die Kalibrierung mit AVL fOX bilden. Zuvor werden die gesammelten Daten aber noch plausibilisiert, gefiltert und überprüft. Diese Nachbereitung der Datensätze ist eine zeitintensive Arbeit und bedarf eines gut überdachten Prozesses. Ein solcher Prozess wird mit fOX bereitgestellt, um das Endresultat, einen Satz von Steuergeräteparameter, zu erhalten.¹⁵⁰

Ein Ablauf mit dieser Toolkette würde folgendermaßen aussehen. Mathematische Modelle bilden die Grundlage dieser Methode. Bei diesen Modellen handelt es sich um Matlab/Simulink-Modelle, die von einem Funktionsentwickler bzw. Softwareentwickler

¹⁴⁸ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum: 20.05.2012

¹⁴⁹ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum: 20.05.2012

¹⁵⁰ Vgl. AVL Homepage, Zugriffsdatum: 20.05.2012

im Vorhinein erstellt werden. Diese Modelle sind die gleichen wie jene, die in der Software der Steuergeräte hinterlegt sind.

Messdaten, die auf dem Prüfstand oder auf der Teststrecke bzw. der Straße erfasst werden, können dem Simulink Modell zugeführt werden. Das Einspeisen dieser Datensätze wird hier von AVL fOX vorgenommen. Neben diesem Vorgang hat fOX ebenfalls die Aufgabe, Ergebnisse aus diesen eingespeisten Datensätzen zu generieren. AVL fOX ist hierbei in der Lage, das mathematische Modell mit unterschiedlichen Grenzwerten für die Diagnose (Parametersätzen) berechnen zu lassen. Aus diesen Systemschleifen können im Anschluss Aussagen abgeleitet werden, mit welchem dieser Parametersätze die Diagnosefunktion bedatet werden soll. Das Ziel ist im Betrieb stabile und robuste Diagnosewerte zu bekommen. Dieser gesamte Ablauf ist in Abbildung 4-10 schematisch dargestellt.

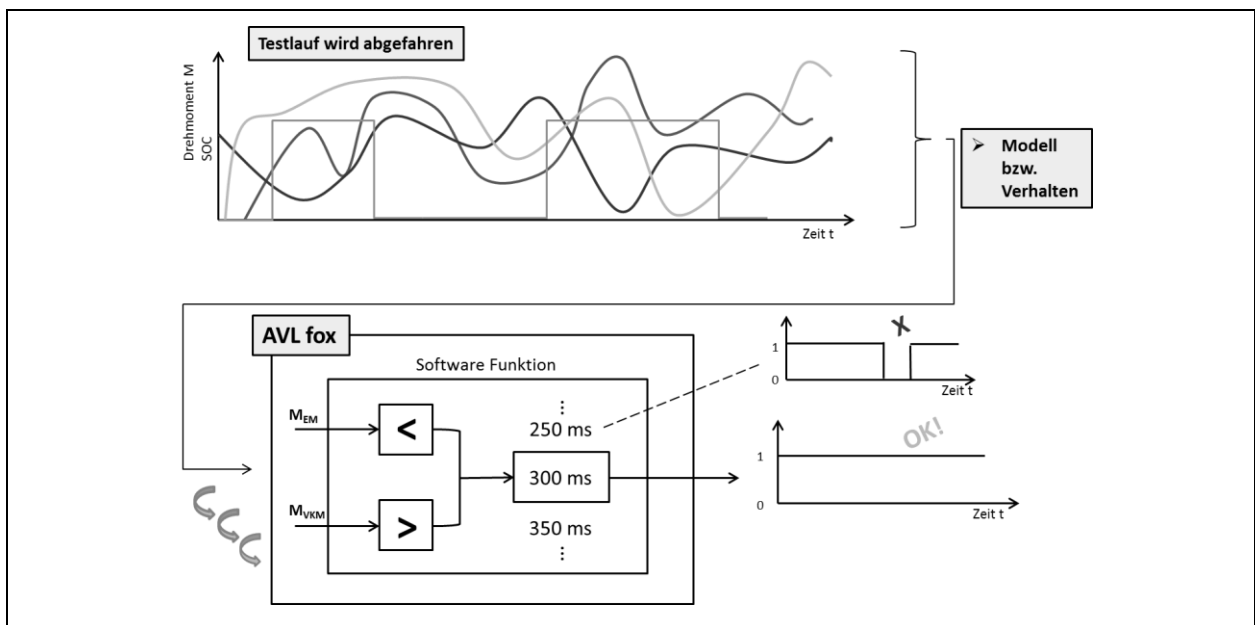


Abbildung 4-10: Vorgehensweise der Offlinekalibrierung mittels AVL fOX¹⁵¹

Die einzelnen Schritte des Ablaufs sind hier nochmals zusammengefasst:

- 1) Ein Prüflauf wird abgefahren
- 2) Das durch den Prüflauf erstellte mathematische Modell wird in AVL fOX implementiert
- 3) Eine Bedatung wird durchgeführt
- 4) Das Verhalten wird virtuell (offline) getestet
- 5) Die Schritte 3 und 4 werden solange wiederholt, bis die Ergebnisse den Anforderungen entsprechen
- 6) Die Diagnosebedatung wird online (im Fahrzeug) überprüft

¹⁵¹ Eigene Darstellung

- 7) Ggf. ist eine Feinkalibrierung auf der Straße erforderlich um optimale Kalibrierungsergebnisse zu erhalten

4.3 Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer/ -reichweite

Die Anzahl der elektrischen Verbraucher ist in Kraftfahrzeugen in den letzten Jahren stetig gestiegen und dieser Trend hält weiter an. Vor allem Komforteinrichtungen, aber auch Sicherheitssysteme sind für den erhöhten Strombedarf verantwortlich. Diese Einrichtungen sind mittlerweile alle Stand der Technik und aus Sicht des Kunden nicht mehr wegzudenken. Bei Hybridfahrzeugen und vor allem bei reinen Elektrofahrzeugen, hat der zusätzlich hohe elektrische Energiebedarf negative Auswirkungen auf die Reichweite. Durch die geringe Energiedichte der aktuellen elektrischen Speichersysteme müssen erhebliche Einschränkungen bei der Fortbewegung mit Elektrofahrzeugen (EV = Electric Vehicle) in Kauf genommen werden. Ein zusätzlicher hoher Energieverbrauch, der nicht der Hauptfunktion – dem Fahren – dient, gilt zu vermeiden. Mit dem heutigen Stand der Technik ist das Potenzial der Batteriesysteme weitgehend ausgereizt, sodass hier in unmittelbarer Zukunft keine enorme Steigerung zu erwarten ist. Ein großes Manko ist, dass der Energiespeicher mit der Zeit und der Anzahl der Ladezyklen altert und somit zusätzlich an Leistungsdichte verliert. Weiters können verschiedene Umwelt- und Systemeinflüsse die Batterie schädigen.

Mit einem intelligenten Batterie- bzw. Energiemanagement kann diesen Umständen teilweise entgegengewirkt werden. Damit besteht ein großes Potential zur Steigerung der Effizienz in Bezug auf die Reichweite sowie zur Steigerung der Batterielebensdauer.

Definition und Abgrenzung des Energiemanagements im Fahrzeug

Das Energiemanagement ist für den gesamten elektrischen Energiefluss in einem Fahrzeug verantwortlich. Es koordiniert permanent die erzeugte, gespeicherte und benötigte elektrische Energie (siehe Abbildung 4-11).¹⁵²

¹⁵² Vgl. Reif (2007) S. 225

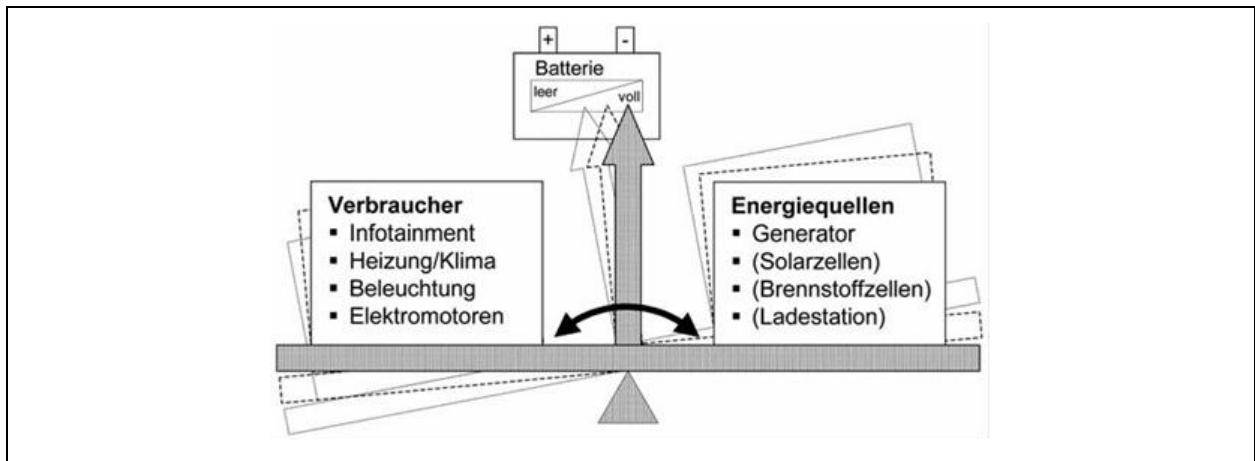


Abbildung 4-11: Aufgabe des Energiemanagements im Fahrzeug¹⁵³

Das Energiemanagement eines Hybrid- bzw. Elektrofahrzeuges hat im Wesentlichen folgende Aufgaben:¹⁵⁴

- Abgabe elektrischer Energie an den Antriebsstrang
- Erzeugung elektrischer Energie aus dem Antriebsstrang
- Versorgung der elektrischen Verbraucher

Abbildung 4-1 zeigt einen Überblick der Hardwarekomponenten des Energiemanagements. Grundsätzlich lässt sich die Hardware-Konfiguration in ein Hoch- (HV = High Voltage) und ein Niedervolt-Bordnetz (LV = Low Voltage) unterteilen. Das bei konventionellen Fahrzeugen verwendete 12 Volt Bordnetz ist für den Vortrieb von Hybrid- und Elektrofahrzeugen aus Gründen der Effizienz nicht sinnvoll. Bei Mild- oder Full-Hybridfahrzeugen ist für den Vortrieb eine elektrische Leistung zwischen 8 bis 60 kW erforderlich. Würde man diese Leistungen über ein 12V Bordnetz realisieren, wären sehr hohe Stromstärken und somit sehr dicke Leitungen notwendig. Abgesehen davon wären Verlustleistungen durch Wärmeentwicklung aufgrund der hohen Ströme die Folge. Dadurch wird das Hochvolt-Bordnetz mit Spannungen von 42 bis 750 Volt betrieben. Um die Vielzahl der 12 Volt-Verbraucher ebenfalls zu versorgen kann auf das Niedervolt-Netz nicht verzichtet werden. Weiters wird aus Kostengründen versucht, möglichst viele Komponenten über das 12 Volt-Netz zu betreiben, da die Verbraucher

¹⁵³ Reif (2007) S. 227

¹⁵⁴ Vgl. Reif (2011) S. 426

fast ausschließlich auf diese Spannung ausgelegt sind und somit kostengünstig zugekauft werden können.¹⁵⁵

Auch bei der Batterie gibt es Einflussfaktoren und Parameter, die für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb des Energiespeichers überwacht und in Grenzen gehalten werden müssen. Dies ist die Aufgabe des BMS (Battery Management System). Das System misst Spannung, Strom und Temperatur der Batterie und ermittelt daraus den Ladezustand, den Schädigungszustand sowie die zulässige Batterieleistung. Nähert sich eine dieser gemessenen physikalischen Größen einem Grenzwert, meldet das BMS dies an das jeweilige Steuergerät um entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Die Temperatur hat einen hohen Einfluss auf das Schädigungsverhalten und somit auf die Lebensdauer der Batterie. Aus diesem Grund soll die Zelltemperatur, z.B. einer Lithium-Ionen Batterie, 45 bis 60°C nicht überschreiten. Je nach Batterietyp können diese Temperaturbereiche unterschiedlich sein. Batteriezellsysteme haben jedoch auch bei tiefen Temperaturen eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit, weshalb darauf zu achten ist, dass diese Untergrenzen nicht unterschritten werden. Für die meisten Zelltypen kann gesagt werden, dass eine Betriebstemperatur um die 25°C am besten ist. Der Einsatz der Batterie sowie die Ladestrategie und damit auch der SOC-Bereich haben einen wesentlichen Einfluss auf die Schädigung der Zellen. Die Anzahl der Ladezyklen und auch die Größe der Zyklenhübe wirken negativ auf die Lebensdauer der Batterie. Das Laden und Entladen ist einerseits von der Betriebsstrategie, aber auch vom Fahrerwunsch abhängig. Generell wird versucht, das absolute SOC-Fenster möglichst im Bereich von 50 bis 70% zu halten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Energiemanagement und die Batteriegröße immer ein Kompromiss zwischen Speicherleistung, Batterielebensdauer, Batteriekosten, Gewicht und Wirkungsgrad ist.¹⁵⁶

Stand der Technik

Wie erwähnt, wird versucht, den SOC zwischen 50 und 70% zu halten. Beim Erreichen der oberen Grenze wird keine Lastpunktanhebung der Verbrennungskraftmaschine und auch keine Verzögerungen mittels Rekuperation vorgenommen. Um konstante Fahrleistungen, vor allem aus Kundensicht, zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass die Batterie stets ausreichend Energiereserven, z.B. zum Boosten besitzt. Aus diesem Grund wird die Batterie beim Unterschreiten der 50% SOC Grenze verstärkt nachgeladen. Die Entladung des Energieträgers wird bis weit unter die 50% SOC

¹⁵⁵ Vgl. Reif (2011) S. 428

¹⁵⁶ Vgl. Reif (2011) S. 433ff

Grenze ermöglicht. Erst wenn eine absolute Untergrenze des Ladezustandes erreicht ist, wird die Entladeleistung der Batterie auf null reduziert. Diese Untergrenze wird so gewählt, dass die Startfähigkeit uneingeschränkt möglich ist, sowie eine schädigende Tiefentladung vermieden wird. Für die Sicherstellung der Startfähigkeit einer Verbrennungskraftmaschine sind je nach Batterietyp und Antriebsleistung der Starteinheit SOC-Werte um 20% erforderlich.¹⁵⁷

Die Abbildung 4-12 zeigt den Einsatz möglicher Hybridfunktionen in Abhängigkeit des Ladezustandes der Batterie.

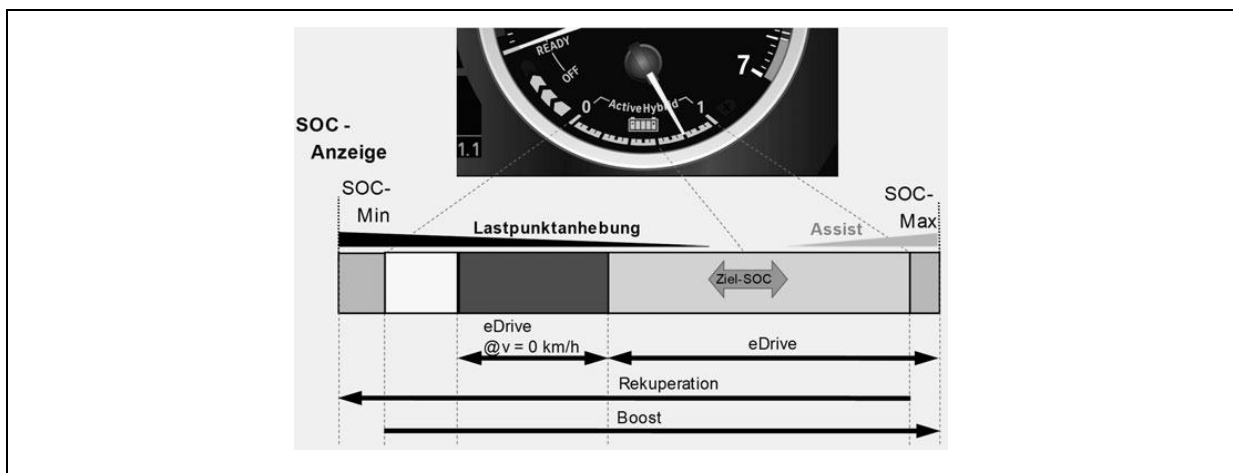


Abbildung 4-12: Einsatz der Hybridfunktionen in Abhängigkeit des Ladezustandes¹⁵⁸

In früheren Hybridfahrzeuggenerationen wurden Nickel-Metallhydrid-Batterien verwendet. Heute sind Lithium-Ionen-Batterien Stand der Technik. Der Vorteil von Lithium-Ionen-Systemen gegenüber Nickel-Metallhydrid-Batterien ist die nochmal gesteigerte Energiedichte bei gleichzeitig erhöhter spezifischer Leistung.

Die konventionellen Ansätze in Bezug auf das Energiemanagement sind statisch und vor allem nur auf die Einhaltung der Betriebsbereiche der Batterie beschränkt. Das System arbeitet nicht vorausschauend bezüglich des Fahrzustandes und nützt somit nicht das gesamte Potenzial aus. Im Betriebsbereich besitzen die Batterien den optimalen Wirkungsgrad bei gleichzeitiger geringster Schädigung der Zelle. Bezüglich der Reichweitenerhöhung mit elektrischen Antrieben werden aufgrund des hohen Energiebedarfs in heutigen Fahrzeugen sehr wohl einige Maßnahmen für die Verbesserung dieser Umstände gesetzt. Um die Effizienz zu steigern sind in den jeweiligen Steuergeräten Logiken hinterlegt, die die Verteilung der elektrischen Energie regeln. Das bedeutet, dass einzelne Verbraucher, die nicht oder nicht unbedingt gebraucht werden, ausgeschaltet werden um keinen unnötigen Energieverbrauch zu

¹⁵⁷ Vgl. Reif (2011) S. 435f

¹⁵⁸ Hofmann (2010) S.301

verursachen. Diese Entscheidung, welche Systeme gebraucht werden und welche nicht, wird von der Fahrzeugelektronik übernommen.¹⁵⁹ Mit einem dynamischen und intelligenten Energiemanagement wäre hingegen eine weitere Wirkungsgradsteigerung möglich.

Der innovative Ansatz der AVL

Das Energiemanagement ist zur Zeit noch sehr auf Einzelkomponentenfunktionen beschränkt. Für die heutigen Anforderungen nach hocheffizienter elektrischer Energieverwaltung ist es erforderlich das Gesamtfahrzeug zu betrachten und die Systemgrenze zu erweitern.¹⁶⁰

Die Abbildung 4-13 zeigt qualitativ die spezifische Energie einer Batterie in Abhängigkeit der Temperatur. Mit steigender Temperatur können die Leistungen von Batterien kurzfristig, aufgrund der Reduzierung des Innenwiderstandes, steigen. Aber die Gefahr von Schädigungen steigt dadurch ebenfalls. Da chemische Reaktionen meist von der Temperatur abhängig sind, laufen diese bei höheren Temperaturen schneller ab, was wiederum zu einer schnelleren Alterung der Batteriezellen führt.

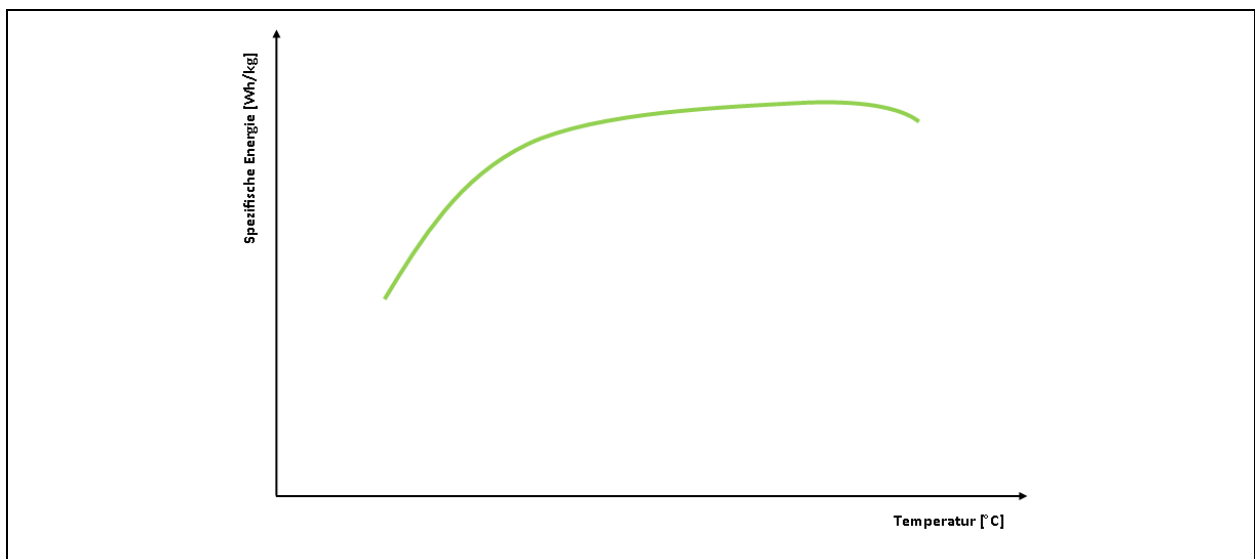


Abbildung 4-13: Qualitativer Einsatzbereich von Batterien in Abhängigkeit der Temperatur¹⁶¹

Die Lebensdauer und die Leistung von Batterien ist aber nicht nur von der Temperatur abhängig, sondern auch z.B. von der entnommenen und zugeführten Stromstärke I , dem SOC-Bereich in dem diese betrieben wird u.v.m. Das Einhalten des schmalen Betriebsbereichs ist Aufgabe der Elektronik.

¹⁵⁹ Vgl. Beher (01/2009)

¹⁶⁰ Vgl. Beher (01/2009)

¹⁶¹ Eigene Darstellung

Die Batterie bzw. das Battery Management System (BMS) erlaubt im Allgemeinen nur jene Leistungsflüsse, die eine Dauerhaltbarkeit des Ladungsträgers sicherstellen. Es kommen immer wieder Fahrzustände vor, in denen ein effizienterer Betrieb des Fahrzeuges möglich wäre, dieser aber aufgrund einer Grenzüberschreitung der Batterie nicht zugelassen wird. Aufgrund dieser Umstände wäre ein weiter nutzbarer Betriebsbereich der Batterie von Vorteil. Die Lebensdauer der Batterie ist aber nicht nur von der absoluten Größe der Grenzüberschreitung abhängig. Einen entscheidenden Einfluss auf die Schädigung der Batterie hat ebenfalls die Zeitspanne, in der sich eine Zustandsgröße außerhalb des ordentlichen Betriebsbereichs befindet. Weiters hat die Anzahl der gesamten Grenzüberschreitungen einen Einfluss auf die Lebensdauer. Aus diesem Grund führt die AVL mit ihrem Ansatz zur Erhöhung der Lebensdauer bzw. der Reichweite von Batterien, zusätzlich eine Zeitfunktion ein. Die Betriebsstrategie bzw. das Energiemanagement werden funktional so umgesetzt und kalibriert, dass unter gewissen Umständen, Bereiche die normalerweise für Batterien als schädlich gelten, für eine gewisse Dauer zugelassen werden, um die Effizienz zu steigern. Bei kurzzeitiger Grenzüberschreitung kommt es zu keiner merklichen Schädigung der Zellen. Die Anzahl und die Dauer dieser Grenzüberschreitungen werden im Sinne einer Schadensakkumulationshypothese aufsummiert, um die Lebensdauer des Energiespeichers nicht zu verkürzen.

Neben der Steigerung der Effizienz könnte ebenso, zumindest in Ausnahmefällen, die Reichweite erhöht werden. Dies wäre z.B. denkbar, wenn ein Fahrer mit einem Elektrofahrzeug oder einem Hybridfahrzeug in einer Umweltzone unterwegs ist und die normale Batterieleistung trotz intelligenten Energiemanagements, für die Zielerreichung nicht mehr ausreicht. In diesem Fall wäre der Fahrer in der Lage in eine Art Notlaufprogramm zu wechseln, um zumindest ein nahes Ziel zu erreichen.

Kurzum, die im Allgemeinen statische, eingeschränkte Batterieverfügbarkeit wird mit dieser AVL-Methode in Ausnahmefällen mit Hilfe des dynamischen Systemverhaltens auf einen temporären Einsatzbereich für Ausnahmefälle erweitert.

4.4 Zusammenfassung der innovativen Ansätze

Im Anschluss werden die drei Ansätze der AVL nochmals kurz zusammengefasst. Einen Überblick liefert Tabelle 4.1. Jeder Ansatz ist unterteilt in die Grundlage, die vorherrschende Problemstellung, den Lösungsansatz mit konventioneller Methode sowie mittels innovativer Methode der AVL.

	Modellbasierte Betriebsstrategie	Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid	Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer bzw. -reichweite
Grundlage	Die Betriebsstrategie ist verantwortlich für die Koordination der elektrischen Energieerzeugung, des elektrischen Energiekonsums, sowie dem Zusammenspiel zwischen EM, VKM, Getriebe, Kupplung und der gesamten Peripherie.	“Diagnose“ ist das Feststellen, Prüfen u. Klassifizieren von Merkmalen mit dem Ziel der Einordnung zur Gewinnung eines Gesamtbildes.	Eine in Fahrzeugen für die Fortbewegung bestimmte Batterie unterliegt speziellen Einschränkungen und Randbedingungen, welche unbedingt beachtet werden müssen. Dazu zählen u.a. SOC, Δ SOC, SOH, Temperatur T und Stromstärke I.
Problemstellung	Neben dem Vorteil der Erhöhung der Freiheitsgrade durch die Kombination von zwei Antriebsquellen steigt jedoch auch die Komplexität aufgrund mehrdimensionaler Abhängigkeiten	Durch die mehrdimensionale Abhängigkeit der Einflussparameter und die steigende Systemkomplexität wird der Aufwand, speziell bei Hybridfahrzeugen, für die Diagnosekalibrierung immer schwieriger	Die erzielbaren Reichweiten sowie die Energiedichte von Batterien sind sehr begrenzt. Die abrufbare und aufnehmbare Energie ist nur innerhalb eines sehr beschränkten Bereichs möglich.
Konventionelle Methode	Eine in diesem Fall optimale Betriebsstrategie wird empirisch und dies in einem eingeschränkten, auf Erfahrungswerten basierenden Bereich ermittelt, was mit einem hohen Zeitaufwand verbunden ist. Weiteres ist das erlangte Ergebnis nur für diese Komponentenkonstellation gültig.	Iterativer Prozess der am/im Fahrzeug durchgeführt werden muss und mit einem hohen Zeit- und Ressourcenaufwand verbunden ist	Das aktuelle Batterie- und Energiemanagement ist sehr statisch und strikt auf die Einhaltung des engen Betriebsbereichs ausgelegt.
Innovativer Ansatz der AVL	Mittels den Kennfeldern der Einzelkomponenten und eines DoE-Ansatzes werden relevante Betriebsbereiche ermittelt. Beim darauffolgenden automatischen Testlauf wird aus Messpunkten ein Model erstellt, das im Weiteren optimiert/ kalibriert werden kann.	Kalibrierung findet offline anhand eines erzeugten virtuellen Fahrzeugmodells statt. Dadurch ergeben sich robustere und qualitativ hochwertigere Ergebnisse bei gleichzeitiger Reduktion der Zeit und Kosten	Durch die Einführung einer Zeitkomponente in den Betriebsbereich kann das Batteriemangement dynamisch und intelligent gestaltet werden. (Schadensakkumulationshypothese)

Tabelle 4.1: Zusammenfassung der innovativen Ansätze¹⁶²

Im Anschluss an die Ausarbeitung der Ansätze werden diese im nachfolgenden Kapitel einer Bewertung unterzogen, mit dem Ziel den besten der Ansatz zu eruieren.

¹⁶² Eigene Darstellung

5 Bewertungssystem

Im Rahmen der Ist-Analyse werden, wie in der Aufgabenstellung beschrieben, die drei innovativen Ansätze –Modellbasierte Betriebsstrategie, Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid und Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer/-reichweite – einem Bewertungsfilter unterzogen. Als Ergebnis soll sich – für die AVL – der vorteilhafteste Ansatz mit dem größten Potenzial herauskristallisieren. Der beste Ansatz wird in weiterer Folge aus betriebswirtschaftlicher Sicht detailliert ausgearbeitet.

Zu Beginn werden die Ansätze einer Nutzwertanalyse unterzogen. Das Ergebnis dieser bildet in Verbindung mit den Ansatz-spezifischen Investitionskosten, die bei einer Realisierung anfallen würden, die Entscheidungsgrundlage welcher Ansatz weiterverfolgt werden soll.

5.1 Die Nutzwertanalyse

„Die Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen.“¹⁶³

Mit anderen Worten ist dieses Verfahren eine Methode, um eine vergrößerte Anzahl an Entscheidungsmöglichkeiten zur Lösung von Problemen miteinander zu vergleichen und jene Alternative, mit der für den Entscheider der größte Nutzwert entsteht darzustellen. Dies macht deutlich, dass der dargestellte Nutzwert von subjektiven Einschätzungen des Bewertenden geprägt ist¹⁶⁴. Voraussetzung, um das Entscheidungsproblem zuverlässig zu lösen, ist, dass möglichst alle mit dem Problem in Verbindung stehenden Randbedingungen bekannt und definiert sind. In weiterer Folge müssen die Entscheidungsträger für eine entsprechende Bewertung mit der Materie des Problems vertraut sein.¹⁶⁵

Um einen Überblick über die Entscheidungssituation zu erhalten, muss in erster Linie ein entsprechendes und klar definiertes Zielsystem formuliert werden. Dieses ist in der Regel hierarchisch aufgebaut und beinhaltet Oberziele und untergeordnete Teilziele. Ein vollständiges und inhaltlich korrektes Zielsystem ist entscheidend für die

¹⁶³ Zangemeister (1976) S. 45

¹⁶⁴ Vgl. Hüftle (2006) S. 9

¹⁶⁵ Vgl. supply-markets Homepage, Zugriffsdatum: 24.06.2012, S.1

Nutzwertanalyse. Im Verhältnis zur Vollständigkeit spielen die Tiefe und der Detailgrad des Zielsystems eine untergeordnete Rolle. Ein Mittelweg zwischen der Anzahl der Ziele und der vollständigen Erfassung der entscheidungsrelevanten Ziele muss jedoch gefunden werden.¹⁶⁶

Abbildung 5-1 zeigt die Vorgehensweise einer Nutzwertanalyse. Bevor an den Aufbau einer solchen Analyse herangegangen werden kann, müssen die Alternativen, die zur Lösung eines Problems denkbar sind, definiert und festgelegt werden.

Liegen die einzelnen Handlungsalternativen vor, werden die Ziel- bzw. Bewertungskriterien festgelegt. Diese bilden das oben beschriebene Zielsystem. Im Anschluss werden diese Einflussgrößen mit einem Gewichtungsfaktor versehen, der die relative Bedeutung der einzelnen Kriterien für die Zielerreichung widerspiegelt. Für jede Alternative wird nun geprüft inwieweit diese die Bewertungskriterien erfüllt. Im Anschluss wird der Teilnutzen der Alternativen bestimmt. Diese ergeben sich aus dem Produkt von Gewichtungsfaktor und dem Zielerreichungsfaktor. Der Nutzwert einer Entscheidungsalternative ergibt sich dabei dann aus der Summe von einzelnen Teilnutzwerten. Aus der Höhe des Nutzwertes ergibt sich im Anschluss die Rangfolge der einzelnen Alternativen.¹⁶⁷ Auf diese Weise lassen sich ganzheitliche Lösungen vergleichen sowie Stärken und Schwächen lokalisieren.¹⁶⁸

In Abbildung 5-1 werden die Schritte, die zur Durchführung einer Nutzwertanalyse erforderlich sind, kurz beschrieben.

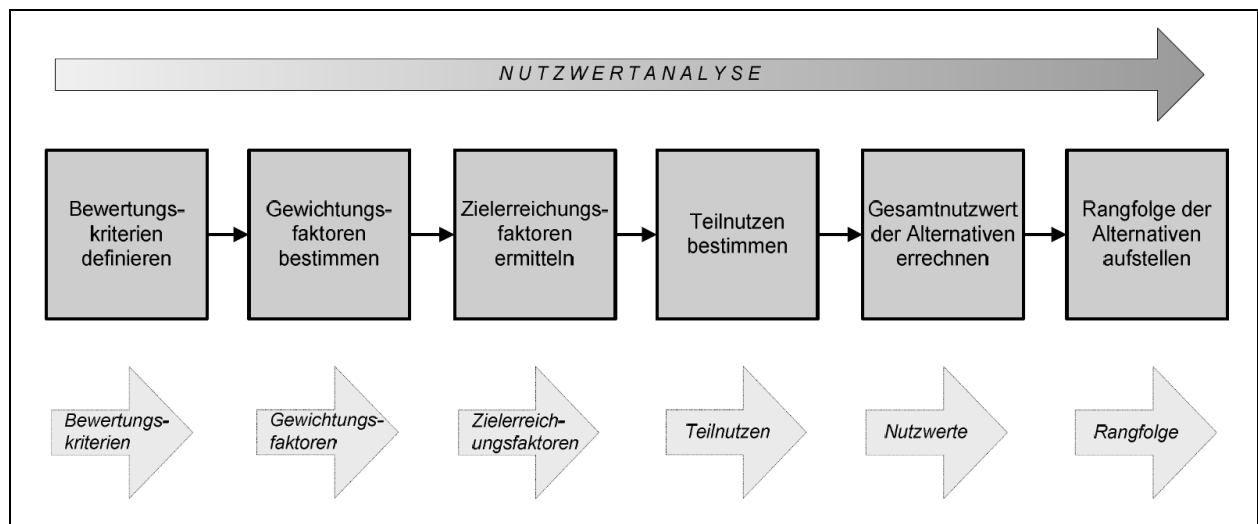


Abbildung 5-1: Vorgehensweise bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse¹⁶⁹

¹⁶⁶ Vgl. supply-markets Homepage, Zugriffsdatum: 24.06.2012, S. 1

¹⁶⁷ Vgl. hs-bremen Homepage, Zugriffsdatum: 13.06.2012, S. 2

¹⁶⁸ Vgl. hs-bremen Homepage, Zugriffsdatum: 13.06.2012, S. 1

¹⁶⁹ Zimmermann; Stark; Riec (2006) S. 128

Bewertungskriterien definieren

In erster Linie müssen Zielkriterien, also Ziele, Anforderungen, Funktionen usw. bestimmt werden. Für jede der unterschiedlichen Handlungsalternativen werden dazu erwartete Eigenschaften aufgelistet, hierarchisch geordnet und im Anschluss Bewertungskriterien abgeleitet. Bei einem zuvor bestehenden Lastenheft können Bewertungskriterien auch einfach aus diesem erstellt werden. Beispiele für solche Kriterien wären z.B.:¹⁷⁰

Bedienung, Sicherheit, Haptik, Optik, Arbeitsgenauigkeit, Integrationsfähigkeit, Flexibilität, Verfügbarkeit, Mengenleistung, Oberflächengüte, Wirtschaftlichkeit, Investitionskosten, etc.

Gewichtungsfaktoren bestimmen

Die zuvor definierten Bewertungskriterien sind nicht immer gleich bedeutsam. Aus diesem Grund werden diese Kriterien im Verhältnis zueinander gewichtet. Kriterien mit einer höheren Relevanz werden höher gewichtet und unwichtigere Kriterien dementsprechend niedriger. Die Summe der Gewichtungsfaktoren (GWF) werden immer auf 1 bzw. 100% normiert sodass gilt:

$$\sum_{i=1}^n GWF_i = 1 \quad \text{oder} \quad \sum_{i=1}^n GWF_i = 100\% \quad (\text{Glg. 5.1})$$

Ermittelt werden diese relativen Gewichtungsfaktoren mit einem paarweisen Vergleich. Dazu stellt man die Kriterien in einer Matrix spiegelbildlich einander gegenüber (siehe Abbildung 5-2).

¹⁷⁰ Vgl. hs-bremen Homepage, Zugriffsdatum: 13.06.2012, S. 2f

Teilnutzen bestimmen

Der Teilnutzwert (TNW) einer Alternative pro Kriterium (K) ergibt sich aus dem Produkt des jeweiligen Gleichgewichtsfaktors (GWF) mit dem entsprechenden Zielerreichungsfaktor (ZEF).¹⁷³

$$TNW(K_1, \dots, K_n) = \sum_{i=1}^n GWF_i \times ZEF_i(K_i) \quad (\text{Glg. 5.2})$$

Berechnung der Nutzwerte

Der Nutzwert (N) einer Entscheidungsalternative bildet sich schlussendlich aus der Summe der einzelnen Teilnutzwerte (TNW):

$$N_{Alternative} = \sum_{i=1}^n TNW_i \quad (\text{Glg. 5.3})$$

Ermittlung der Rangfolge

Je nach der Höhe des Gesamtnutzwertes stellt sich auch die Rangfolge der einzelnen Alternativen ein. Die Handlungsalternative mit dem höchsten Gesamtnutzwert belegt somit den ersten Rang und erfüllt die zuvor definierten Kriterien in Summe am besten.¹⁷⁴

5.2 Bewertungskriterien und Durchführung der Bewertung

Da hier innovative Ansätze, die auf verschiedene Problemstellungen abzielen, miteinander verglichen werden, müssen die Bewertungskriterien ganz allgemein formuliert werden.

Hinsichtlich der Aufgabenstellung dieser Arbeit müssen die Kriterien ebenfalls für alle zukünftigen innovativen Methoden Gültigkeit haben.

Für die Auswahl eines Bewertungssystems ist eine Reihe von Anforderungen zu beachten. Die Anwendung soll einfach sein und zugleich eine hohe Praktikabilität besitzen. Der Aufwand für die Durchführung muss dabei gering sein und die Vorgehensweise leicht verständlich sein. Die Ergebnisse müssen vergleichbar, nachvollziehbar, reproduzierbar und verlässlich sein. Dabei sollen sowohl quantitative als auch qualitative Eigenschaften berücksichtigt werden.

¹⁷³ Vgl. hs-bremen Homepage, Zugriffsdatum: 13.06.2012, S.4

¹⁷⁴ Vgl. hs-bremen Homepage, Zugriffsdatum: 13.06.2012, S.4

Aufgrund dieser Anforderungen wurden möglichst simple und leicht nachvollziehbare Kriterien formuliert:

- Marktpotential
- Entwicklungsdauer
- Komplexität
- Verfügbare Personalressourcen
- Einsparungspotential
- Innovationsgrad
- Erweiterbarkeit auf andere Bereiche
- Kombinationsmöglichkeit mit anderen AVL-Tools
- Leistungsumfang

Das Kriterium des Marktpotentials ist, zumindest aus Sicht der Abteilung DST, mit schwer einzuschätzen. Aus diesem Grund wird als Hilfs- bzw. Ersatzgröße die Anzahl der Projekte, die auf Sicht von drei Jahren im Durchschnitt pro Jahr lukriert werden könnten, als Indikator für dieses Merkmal herangezogen. Komplexität und Entwicklungsdauer sind vermeintlich korrelierende Kriterien. Da innovative Ansätze im Rahmen der Entwicklung über die Abteilungsgrenzen hinausgehen und von anderen Instanzen der AVL abhängig sein können, ist es möglich, dass trotz einer geringen Komplexität die Entwicklungsdauer (z.B. aufgrund mangelnder Ressourcen) mehr Zeit in Anspruch nimmt. Bei den Personalressourcen hingegen stellt sich die Frage, ob der vorhandene Personalstand sowie das Know-how ausreichend sind, oder ob neue Mitarbeiter aufgebaut werden müssen. Das Einsparungspotential soll die Vorteilhaftigkeit der innovativen Methode für die AVL bzw. in weiterer Folge den Kundennutzen darstellen. Der Fokus auf das sich ergebende Alleinstellungsmerkmal (USP) und die gegebenenfalls damit verbundene Patentfähigkeit wird im Punkt Innovationsgrad gelegt. Ob ein innovativer Ansatz auch für einen anderen Bereich Verwendung findet, z.B. für EVs, kann im nachfolgenden Kriterium berücksichtigt werden. Diese Berücksichtigung der Erweiterbarkeit auf andere Bereiche hat den Charakter einer horizontalen Diversifikation. Die Kombinationsmöglichkeit mit anderen AVL-Tools zielt hier hingegen auf eine vertikale Diversifikation ab. Das letzte Kriterium dieser Bewertung ist der Leistungsumfang der innovativen Methode, also ob die Methode nur in Form einer Dienstleistung angeboten werden kann oder ob auch die Möglichkeit besteht die gesamte Methodik an einen Kunden zu verkaufen.

Eine kurze Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien sowie eine Kategorisierung des Erfüllungsgrades kann der nachfolgenden Tabelle 4.2 entnommen werden.

Kriterium	Beschreibung	0...2	3...5	6...8
Marktpotential	Wie hoch schätzen Sie das erwartete Marktpotential des innovativen Ansatz ein, bzw. bei wie vielen Projekten pro Jahr kann der innovative Ansatz Anwendung finden? (Durchschnitt der ersten drei Jahre)	0 - 2 Projekte/Jahr	3 - 5 Projekte/Jahr	6 - 8 Projekte/Jahr
Entwicklungsdauer	Wie lange dauert die Entwicklung des Ansatzes bis zur Marktreife, also bis erste Kundenprojekte abgewickelt werden können, unter Berücksichtigung der internen und externen Ressourcenverfügbarkeit?	Lange Entwicklungsdauer: 1,5 - 3 Jahre	Mittlere Entwicklungsdauer: 0,5 - 1,5 Jahre	Kurze Entwicklungsdauer: 0 - 0,5 Jahre
Komplexität	Wie komplex ist die Umsetzung des Ansatzes bis zur Marktreife?	Hohe Komplexität	Mittlere Komplexität	Geringe Komplexität
Verfügbare Personalressourcen	Wie hoch sind die notwendigen Personalressourcen innerhalb der Abteilung DST, die für die Umsetzung des Ansatzes notwendig sind? Gibt es diese erforderlichen MA zur Zeit überhaupt oder müssen ggf. neue MA aufgenommen werden? Lässt die akt. Auftragslage diese Entwicklung zu?	Hohe MA-Bindung erforderlich. Evtl. neue MA erforderlich	Mehrere MA erforderlich, jedoch mit bestehenden MA abdeckbar	Geringe MA-Ressourcen erforderlich
Einsparungspotential	Wie hoch ist das Einsparungspotential (Zeit, Kosten) aus Sicht der AVL bei Anwendung des innovativen Ansatzes?	Keine bis geringe Einsparungen zu konventionellen Methoden	Mittleres Einsparungspotential, also entweder Zeit- od. Kostenersparnis	Hohes Einsparungspotential. Kosten- und Zeiteinsparung.
Innovationsgrad	Wie hoch ist der Innovationsgrad des Ansatzes? Wie sehr hebt sich diese Methode von jener der Konkurrenz ab? Entsteht durch den Ansatz ein USP aus Sicht der AVL? Ist der Ansatz patentfähig?	Geringer bis kein Innovationsgrad, keine Differenzierung zu Konkurrenzprodukt	Mittlerer Innovationsgrad, nicht patentrechtlich schützbar, substituitionsgefährdet	Hoher Innovationsgrad, revolutionär, patentfähig
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Ist der Ansatz auch auf andere Bereiche adaptierbar? Ist der Ansatz nicht nur für Hybridfahrzeuge sondern auch für Elektrofahrzeuge von Relevanz? (horizontale Diversifikation)	Der Ansatz ist nur für einen, den ursprünglichen Anwendungsfall verwendbar	Der Ansatz kann mit einem gewissen Aufwand auf andere Anwendungsfälle adaptiert werden	Der Ansatz ist ohne wesentliche Aufwände auf andere Bereiche anwendbar
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Kann der innovative Ansatz mit bereits bestehenden Methoden kombiniert werden? Ist somit eine Verlängerung des Leistungsumfanges möglich? (vertikale Diversifikation)	Zur Zeit nicht & in Zukunft denkbar nicht	Zur Zeit nicht aber in Zukunft denkbar	...kann mit anderen Ansätzen kombiniert werden
Leistungsumfang	Kann der Ansatz nur als Dienstleistung angeboten werden oder ist auch ein Verkauf der gesamten Toolkette inkl. Support möglich?	...nur Verkauf der Toolkette inkl. Support möglich	...als Dienstleistung anbietbar	...als Dienstleistung anbietbar und Verkauf der Toolkette inkl. Support möglich

Tabelle 5.1: Bewertungskriterien¹⁷⁵

¹⁷⁵ Eigene Darstellung

In weiterer Folge wird nun für die Ermittlung der Zielerreichungsfaktoren eine Punktezahl von null bis acht für jedes Kriterium vergeben. Die Höhe der Bewertung ist ein Maß inwieweit der innovativer Ansatz ein gewisses Kriterium erfüllt. Für die Vergabe der Punkte wird eine weitere Unterteilung vorgenommen. Ganz allgemein kann hier gesagt werden, dass ein Zielerreichungsfaktor zwischen null und zwei das Bewertungskriterium schlecht, ein Faktor zwischen drei und fünf die Anforderungen mittelmäßig erfüllt. Bei einer Bewertung mit einer Punktevergabe zwischen sechs und acht wird der jeweilige Ansatz dem Kriterium gut gerecht. Innerhalb der Unterteilung – gut, mittel, schlecht – kann somit nochmals differenziert werden. Mit der Punktevergabe ist es somit möglich in einer Kategorie zusätzlich einen Trend bzw. Tendenz zu berücksichtigen.

Um den Gewichtungsfaktor der einzelnen Kriterien zu bestimmen, wird ein paarweiser Vergleich vorgenommen. Da die Nutzwertanalyse von mehreren Personen unabhängig voneinander durchgeführt wird, wird auch eine Gewichtung der Kriterien von jeder dieser Personen vorgenommen. Im Anschluss der Gewichtung wird die eigentliche Nutzwertanalyse vorgenommen. Die Bewertung wird von unterschiedlichen Personen durchgeführt, denen die Aufgabenstellung sowie die innovativen Ansätze bekannt sind und die das dafür nötige Hintergrundwissen besitzen, um diese Einschätzung sachgerecht vornehmen zu können. Die Punktevergabe von null bis acht findet ohne Kenntnis der zuvor bestimmten Gewichtung der Kriterien statt. So wird versucht auszuschließen, dass ein höher gewichtetes Kriterium unter Umständen etwas besser bewertet wird und so die einzelnen Nutzwerte in eine verfälschte Richtung gelenkt werden.

Nachdem die einzelnen Analysen durchgeführt sind, können die Resultate zusammengefasst und das Gesamtergebnis präsentiert werden.

Die einzelnen paarweise Vergleiche sowie die zugehörigen Nutzwertanalysen sind dem Anhang zu entnehmen.

5.3 Ergebnis der Bewertung

In diesem Abschnitt wird das Resultat des Bewertungsfilters dargestellt. Das Ergebnis setzt sich zum einen aus den ermittelten Werten der Nutzwertanalyse, zum anderen aus der Höhe der erforderlichen Investitionskosten pro innovativen Ansatz zusammen. Der Ansatz, der bei dieser Bewertung als bester aus Sicht der AVL hervorgeht, ist jener, der im Weiteren einer detaillierten wirtschaftlichen Analyse unterzogen wird.

5.3.1 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Die Gewichtung der Bewertungskriterien sowie die Einschätzung der Zielerreichung jedes Ansatzes wurden von mehreren Experten der AVL einzeln durchgeführt. So ergibt sich je ein individueller Nutzwert pro innovativen Ansatz. Um nun diesen individuellen Einfluss auszugleichen, wird der Mittelwert der einzelnen Nutzwerte gebildet. Der so ermittelte Gesamtnutzwert gibt nun Auskunft welcher innovative Ansatz die Kriterien in Summe am besten erfüllt (siehe Tabelle 5.2).

	Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
	Modellbasierte Betriebsstrategie		Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid		Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer bzw. -reichweite	
Position des Bewerters	Nutzwert		Nutzwert		Nutzwert	
Skill Team Leader		627,27		606,82		640,91
Lead Engineer (PE)		608,70		626,09		602,17
Lead Engineer (PS)		525,54		468,09		429,81
Senior Technical Expert (CZ)		588,10		583,33		600,00
PM Assistant		450,97		528,53		442,81
Σ		2800,58		2812,86		2715,70
Nutzwert, gemittelt		560,12		562,57		543,14
Rangfolge		2		1		3

Tabelle 5.2: Gesamtnutzwert¹⁷⁶

Aus den Ergebnissen der Nutzwertanalysen ist der innovative Ansatz II – Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid – der am besten bewertetete. Grundsätzlich muss erwähnt werden, dass alle drei Alternativen nahe beieinander liegen. Ein wichtiger Faktor wird in dieser Nutzwertanalyse allerdings nicht berücksichtigt, die Investitions- bzw. Umsetzungskosten, die aufgewendet werden müssen um einen Ansatz bis zur Marktreife zu entwickeln.

¹⁷⁶ Eigene Darstellung

5.3.2 Investitionskosten

Die Vorteilhaftigkeit eines jeden Ansatzes soll mittels einer Nutzwertanalyse unabhängig von den Investitionskosten evaluiert werden. Da Kosten, die bei einer anschließenden Realisierung der innovativen Methode ein wichtiger Faktor sind, können sie aber nicht unberücksichtigt bleiben. Aus diesem Grund wurden die erforderlichen Investitionskosten quantitativ und auf nachvollziehbare Weise darzulegen. Neben den exakten Zahlenwerten ist es vor allem wichtig, die Investitionskosten relativ zueinander darzustellen, um so eine Entscheidungsgrundlage für eine weitere Vorgehensweise zu schaffen. Eine exakte Zahl für die tatsächlich auftretenden Realisierungskosten ist aufgrund des frühen Stadiums der einzelnen Ideen in Verbindung mit Entwicklungen in die Zukunft auf eine seriöse Weise nur begrenzt möglich.

Abteilungsintern können F&E-Projekte in drei Größen – klein, mittel und groß – unterteilt werden. Der Umfang bezieht sich hier auf die damit verbundenen Kosten (siehe Tabelle 5.3).

Umfang des F&E Vorhabens	Entwicklungskosten	
	von	bis
Klein	- €	50.000,00 €
Mittel	50.000,00 €	200.000,00 €
Groß	200.000,00 €	500.000,00 €

Tabelle 5.3: Einteilung der F&E-Vorhaben

Bevor auf die kalkulierten Investitionskosten eingegangen wird, sei erwähnt, dass die besprochenen innovativen Ansätze zum Großteil auf bereits bestehenden Tools und Methoden beruhen, welche die Basis für die Ansätze bieten. Der Aufwand für eine Ideenrealisierung beschränkt sich somit vorwiegend auf Entwicklungsarbeit in Form von Mannarbeitsstunden. Tools und Programme, die für die Ansätze notwendig sind, werden von der Sparte ITS unternehmungsintern kostenlos zu Verfügung gestellt.

Die Umsetzungskosten für die einzelnen Ansätze ergeben sich aus Sicht der Abteilung DST wie folgt:

- **Modellbasierte Betriebsstrategie**

Der Aufwand für die Umsetzung der Betriebsstrategie kann auf die unterschiedlichen Teilgebiete eines Hybridfahrzeuges aufgeteilt werden und gliedert sich in VCU (Vehicle Control Unit), ECU/TCU (Engine / Transmission Control Unit),

Batterie, Diagnose und Testing. Der kalkulierte Mannaufwand und die damit verbundenen Kosten sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Themengebiet	Mannaufwand	Mannstunden [h]	Stundensatz [€/h]	Gesamtkosten
VCU	6 Monate	960	71	68.160,00 €
ECU/TCU	3 Wochen	120		8.520,00 €
Batterie	3 Wochen	120		8.520,00 €
Diagnose	1 Monat	160		11.360,00 €
Testing	1 Monat	160		11.360,00 €
				107.920,00 €

Tabelle 5.4: Umsetzungskosten für die Betriebsstrategie

Für die erste Anwendung der Methode zur Erstellung einer Betriebsstrategie auf Basis des innovativen Ansatzes entstehen Entwicklungskosten in der Höhe von 107.920 Euro.

- **Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid**

Der Ansatz II beruht größtenteils auf Tools, Programmen und Methoden, die bereits bekannt und in Verwendung sind, wenn auch für andere Anwendungsgebiete. Daher müssen diese Methoden für den beschriebenen Verwendungszweck adaptiert werden. Da diese Tools, Programme und Methoden bereits bestehen und in der Unternehmung verwendet werden, sind die Investitionskosten hier deutlich geringer (siehe Tabelle 5.5).

Themengebiet	Mannaufwand	Mannstunden [h]	Stundensatz [€/h]	Gesamtkosten
fOX-Schulung	6 Wochen	240	71	17.040,00 €
				17.040,00 €

Tabelle 5.5: Umsetzungskosten für die Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid

Dass der Entwicklungsaufwand nur dem Anlernen der Software entspricht, ist nicht ganz korrekt. Die Methode muss sehr wohl an den Anwendungszweck im Hybridfahrzeug angepasst sowie eine entsprechende Arbeitsumgebung und Vorgehensweise erstellt werden. Diese Tätigkeiten können jedoch im Zuge der Einarbeitungsphase stattfinden und verursachen somit keine weiteren Kosten als die 17.040 Euro.

- **Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer/ -reichweite**

Diese Idee basiert größtenteils auf einem methodischen Ansatz und weniger auf Tools. Die Themengebiete, siehe Tabelle 5.6, tragen zwar denselben Namen wie bei der Betriebsstrategie, zielen aber auf unterschiedliche Richtungen ab. Bei der Betriebsstrategie wird mit bestehenden Komponenten gearbeitet. Bei diesem Ansatz werden hingegen die Grenzen der Randbedingungen erweitert und somit am System Batterie selbst entwickelt. Eine Aufstellung der Entwicklungskosten ist Tabelle 5.6 zu entnehmen.

Themengebiet	Mannaufwand	Mannstunden [h]	Stundensatz [€/h]	Gesamtkosten
VCU	2 Monate	320	71	22.720,00 €
Batterie	1 Monat	160		11.360,00 €
CAN	2 Wochen	80		5.680,00 €
				39.760,00 €

Tabelle 5.6: Umsetzungskosten für die Methodik zur Erhöhung d. Batterielebensdauer/-reichweite

Die Investitionskosten dieses Ansatzes liegen somit zwischen den ersten beiden Methoden und betragen 39.760 Euro.

Im Anschluss werden die Investitionskosten den einzelnen Nutzwerten gegenübergestellt, um so eine Entscheidung, beruhend auf quantitativen Ergebnissen, treffen zu können.

5.3.3 Empfehlung

Um die innovativen Ansätze ganzheitlich betrachten und objektiv bewerten zu können, wird ein Portfolio erstellt, in dem, wie oben erwähnt, die Gesamtnutzwerte den Investitionskosten gegenübergestellt werden. Eine kompakte und graphisch Zusammenfassung der Ergebnisse bildet die Grundlage für die Entscheidung, welcher der drei Ansätze weiterverfolgt wird.

Auf der Abszisse sind die vermeintlichen Investitionskosten aufgetragen und auf der Ordinate der gemittelte Gesamtnutzwert. Die Höhe des Nutzwerts steigt in Richtung der Ordinate. Die Investitionskosten nehmen in Achsrichtung zu. Somit haben Ansätze, die sich in der oberen linken Ecke befinden die besten und jene Ansätze, die sich in der rechten unteren Ecke befinden die schlechtesten Voraussetzungen. Entsprechend den Achsenbeschriftungen werden die drei Ansätze in das Portfolio eingetragen (siehe Abbildung 5-3).

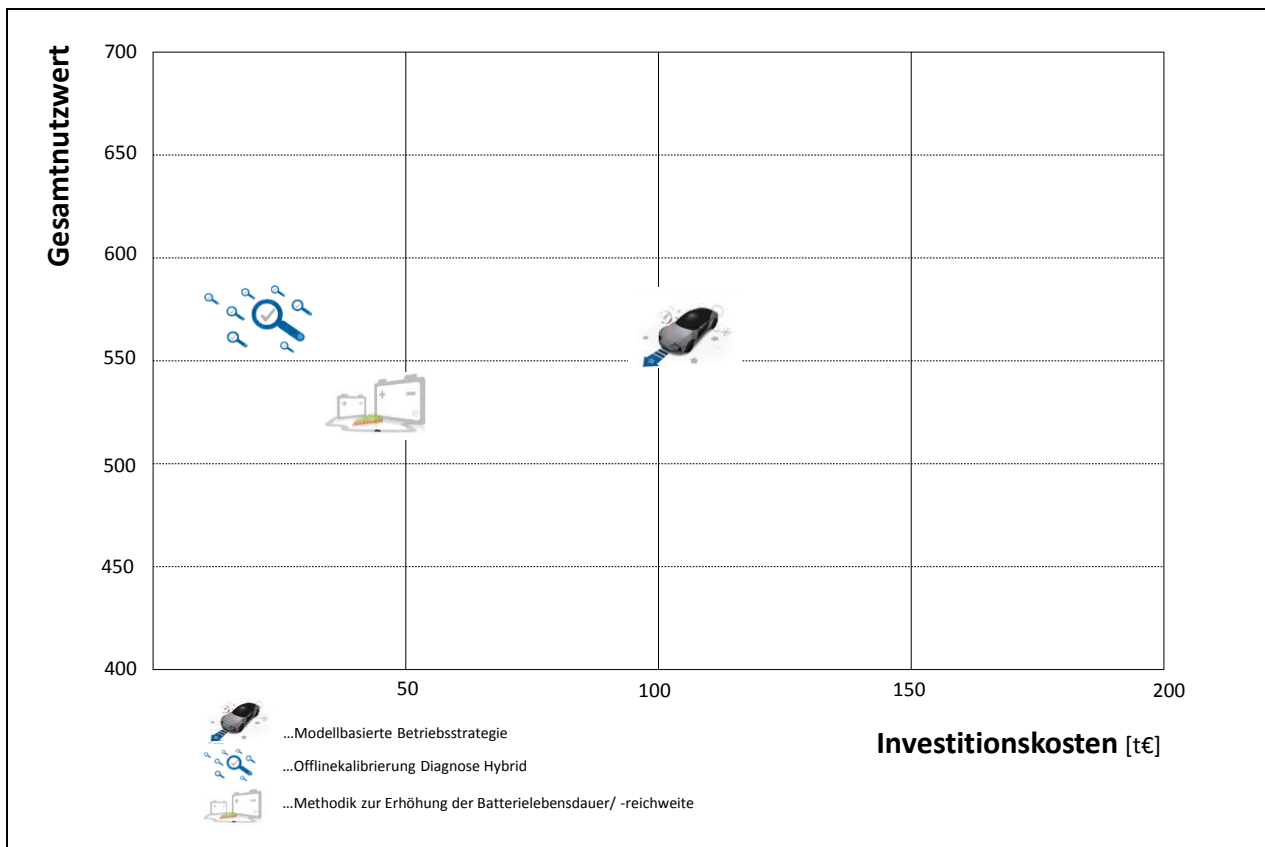


Abbildung 5-3: Gesamtnutzwert – Investitionskosten Portfolio¹⁷⁷

Da die Nutzwerte der einzelnen Innovationen nahe beieinander liegen, hat hier die Höhe der erforderlichen Investitionen einen bestimmenden Einfluss auf die Entscheidung.

Aufgrund der Umstände wird empfohlen, die Alternative „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ zu wählen, weil hier die Investitionskosten am geringsten sind. Gleichzeitig besitzt diese Methode auch den höchsten Nutzwert.

Dieser innovative Ansatz wird somit im Rahmen dieser Arbeit im Detail ausgearbeitet. Hier gilt es nun einen Business-Case zu erstellen, der die innovative Methode aus wirtschaftlicher und technologischer Sicht analysiert. So kann eine belastbare Entscheidungsgrundlage erarbeitet werden, für die Frage, ob es zu einer Realisierung der Idee kommen soll.

Die Bestimmung des weiterzuverfolgenden Ansatzes bildet den Abschluss des Bewertungsfilters und somit den ersten Meilenstein dieser Arbeit.

¹⁷⁷ Eigene Darstellung

5.4 Zusammenfassung des Bewertungsverfahrens

Für die Bewertung der innovativen Ansätze wurde in erster Linie die Nutzwertanalyse gewählt, weil hier sowohl quantitative als auch qualitative Eigenschaften zugleich berücksichtigt werden können. Um einen Nutzwert der jeweiligen Ansätze feststellen zu können, sind im Vorhinein Kriterien, nach denen die Ansätze beurteilt werden, zu bestimmen. Da es sich im Rahmen dieser Arbeit um neue Lösungsansätze handelt, die auf unterschiedliche Problemstellungen abzielen, ist eine Vergleichbarkeit der einzelnen Ansätze nicht trivial. Um der Aufgabenstellung gerecht zu werden, müssen Bewertungskriterien gefunden werden, die sowohl für diese drei Ansätze als auch für zukünftige innovative Methoden Gültigkeit haben. Die Wirtschaftlichkeit steht an oberster Stelle aus Sicht der Abteilung, um die langfristige Überlebensfähigkeit zu sichern. Der gemeinsame Nenner aller innovativen Ansätze ist somit die Vorteilhaftigkeit, die sich bei Realisierung einer Idee für die AVL bzw. für die Abteilung DST ergibt. Aus diesem Grund wird mit den folgenden Bewertungskriterien eine Entscheidung getroffen.

- Marktpotential
- Entwicklungsdauer
- Komplexität
- Verfügbare Personalressourcen
- Einsparungspotential
- Innovationsgrad
- Erweiterbarkeit auf andere Bereiche
- Kombinationsmöglichkeit mit anderen Tools
- Leistungsumfang

Die Kriterien sind in einem paarweisen Vergleich zuerst gewichtet worden, um im Anschluss den Zielerreichungsfaktor pro Ansatz zu bestimmen. Diese Vorgehensweise wurde von mehreren Fachexperten der AVL unabhängig voneinander und ohne Kenntnis ihrer Gewichtung durchgeführt. Im Anschluss ist ein Gesamtnutzwert bestimmt worden, der dem gemittelten Ergebnis der einzelnen Nutzwertanalysen entspricht. Bezogen auf das Gesamtergebnis ist erstaunlich, dass die Gesamtnutzwerte untereinander eine Abweichung unter 5% aufweisen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Kosten, die bei einer Realisierung der Idee anfallen würden, nicht direkt in den

Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse enthalten sind. Dieser Aufwand wird separat berücksichtigt und ergibt größere Unterschiede bei den jeweiligen Ansätzen.

Nach der Beurteilung mittels der Nutzwertanalyse und der Berücksichtigung der voraussichtlich anfallenden Investitionskosten, stellt sich der innovative Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ als der vorteilhafteste heraus. Deshalb wird dieser Ansatz nun detailliert aus ökonomischer und technologischer Sicht analysiert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Innovationshöhe der Ansätze geringer ist als ursprünglich erwartet. Dies spiegelt sich auch in der Höhe der erforderlichen Investitionskosten, die für die Realisierung der Idee anfallen würden, wider. Die geringen Investitionen sind aber vor allem darauf zurückzuführen, dass für die benötigten Tools intern keine Kosten anfallen. Würde diese Arbeit aus Sicht eines Kunden durchgeführt, wären die Innovationshöhe und auch die Investitionskosten weitaus höher. Die Höhe der Entwicklungskosten als Maß für die Innovationshöhe ist hier somit unbrauchbar.

Aus Sicht der AVL beruht dieser innovative Ansatz vorwiegend auf bestehenden Tools und wird für die vorherrschenden Problemstellungen im Hybridfahrzeugbereich – im Sinne einer Art Marktentwicklung – adaptiert. Abgesehen davon ist die Abteilung DST – „Getriebe- und Hybridfahrzeugkalibrierung“ – keine Entwicklungsabteilung. Alle F&E-Themen werden neben dem Kerngeschäft der Abteilung – Anbieten von Engineering-Dienstleistungen im Bereich der Kalibrierung – erarbeitet. Große Entwicklungsprojekte sind daher innerhalb der Abteilung die Ausnahme.

6 Business-Case

Früher wurden Entscheidungen über die Realisierung von wirtschaftlichen Vorhaben oft aus dem Bauch heraus getroffen. In Zeiten steigenden Konkurrenz- und Kostendrucks ist dies nicht mehr möglich bzw. sinnvoll. Aus diesem Grund werden Business-Cases als Entscheidungsgrundlage immer wichtiger.¹⁷⁸ Unter einem Business-Case wird die betriebswirtschaftliche Beurteilung einer Investition verstanden¹⁷⁹. Die wörtliche Übersetzung von Business-Case ins Deutsche „Geschäftsfall“ ist genauso nichtssagend wie falsch. Weitaus zutreffender ist „Investitionsfolgenabschätzung“.¹⁸⁰ In einem Business-Case werden Annahmen über die Kosten sowie die Nutzen eines wirtschaftlichen Vorhabens getroffen und miteinander verglichen. Daraus lassen sich Kennzahlen und Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Investition ableiten (siehe Abbildung 6-1).¹⁸¹

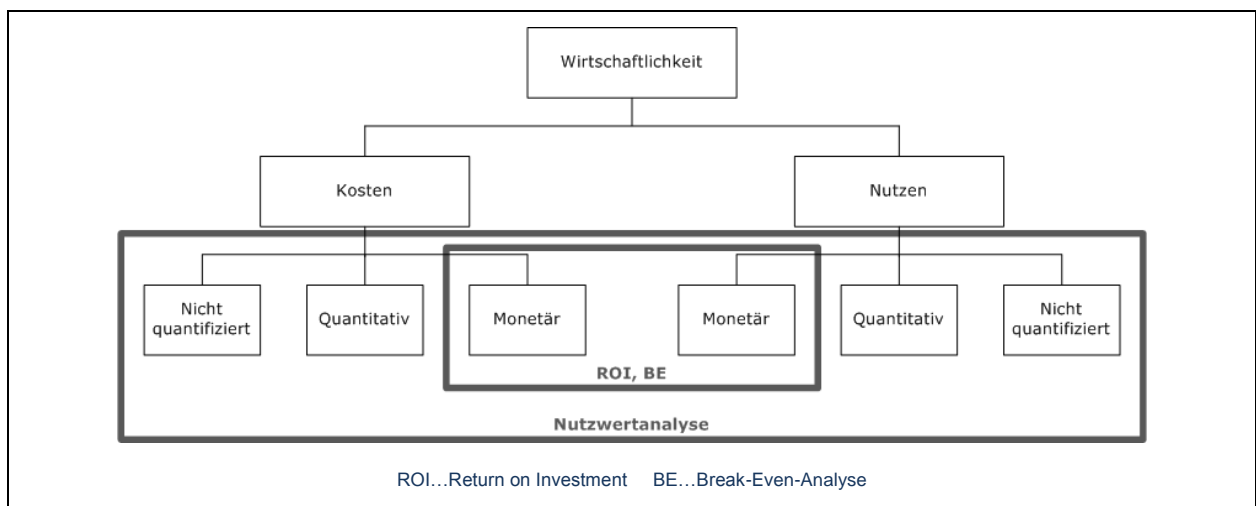


Abbildung 6-1: Das Wesen eines Business Case¹⁸²

Bei einem Business-Case handelt es sich um ein Geschäftsszenario, bei dem die prognostizierten betriebswirtschaftlichen Konsequenzen einer Handlung dargestellt und abgewägt werden. Durch eine detaillierte Analyse von Nutzen, Aufwendungen und Risiko können die Ressourcen der Unternehmung auf die den größten Erfolg versprechenden Projekte und Initiativen konzentriert werden.¹⁸³

Ein Business-Case beantwortet somit immer die Frage, welche finanziellen Konsequenzen entstehen, wenn eine Entscheidung so (und nicht anders) getroffen

¹⁷⁸ Vgl. Bernotat, Stein (2007), S.43

¹⁷⁹ Vgl. Traore (2004), S. 2

¹⁸⁰ Vgl. Taschner (2008), S. 5

¹⁸¹ Vgl. Bernotat (2004), S.43

¹⁸² Vgl. Bernotat (2004), S.43

¹⁸³ Vgl. Taschner (2008), S. 5ff

wird. Das setzt voraus, dass es für die Anwendung eines Business-Case zumindest eine Alternative für eine Investition geben muss, auch wenn die Alternative nur „ja“ oder „nein“ bezüglich der Weiterverfolgung der Idee ist. Ein entscheidender Punkt des Business-Case ist eine Analyse der finanziellen Auswirkungen der Entscheidung.¹⁸⁴ Häufig verwendete Synonyme sind Kosten-Nutzen-Analyse oder auch Wirtschaftlichkeitsrechnung. Monetäre Aspekte sind zwar notwendiger Bestandteil eines Business-Case, diese können jedoch um nicht-monetäre Faktoren erweitert werden, wie in Abbildung 6-1 dargestellt. Eine allgemein gültige Vorlage für den Inhalt eines Business-Case gibt es nicht. Er soll allerdings eine vollständige, glaubwürdige und leicht verständliche Grundlage für die Entscheidung über eine Investition bieten.¹⁸⁵ Ein Business-Case ist nicht mit einem Business-Plan zu verwechseln. Bei einem Business-Plan handelt es sich um eine schriftliche Zusammenfassung eines zukünftigen unternehmerischen Vorhabens, wie die Neugründung einer Unternehmung, eine Fusion, den Eintritt in einen neuen Markt oder die Entwicklung einer neuen Produktlinie. Der Business-Plan beschreibt nicht nur das Ziel, sondern auch den Weg dorthin, ebenso wie die Gründe für die Wahl dieses Weges. Ein Business-Plan kann aus einem Business-Case entstehen. Im Gegensatz zu einem Business-Case ist bei einem Business-Plan die Entscheidung bereits getroffen. Es wird also „nur“ mehr der Weg für die Zielerreichung aufgezeigt.¹⁸⁶

Um den Anforderungen und Zielsetzungen eines Business-Case gerecht zu werden, kann eine mögliche Gliederung folgendermaßen aussehen:¹⁸⁷

- Executive Summary
- Definition und Abgrenzung der Investition
- Kostenpositionen
- Monetäre Faktoren
- Nicht-monetäre Faktoren
- Bewertung
- Handlungsempfehlung

¹⁸⁴ Vgl. Taschner (2008), S. 5f

¹⁸⁵ Vgl. Schmidt, Ritter, (2010) S. 1f

¹⁸⁶ Vgl. Taschner (2008), S. 7

¹⁸⁷ Vgl. Bernotat (2004), S.43ff

Die oben genannten Punkte werden für die weitere Ausarbeitung des innovativen Ansatzes nicht exakt dieser Gliederung entsprechen, da einige Aspekte bereits in anderen Kapiteln dieser Arbeit behandelt wurden.

Die für diese detaillierte Ausarbeitung notwendigen Informationen stammen größtenteils aus zahlreichen Interviews, die mit AVL Experten geführt wurden.

6.1 Absatzmärkte

Um eine Innovation zu einem Erfolg zu machen, muss ein ausreichend detailliertes Wissen über die gesamte Branche und den Markt, in dem die Innovation zur Anwendung kommen soll, vorhanden sein.¹⁸⁸

Um einen Überblick über das Potential dieses Ansatzes zu bekommen, zeigt Abbildung 6-2 folgende Aufteilung zwischen den einzelnen Leadgruppen, die sich bei Projekten innerhalb der Abteilung DST, ob Getriebe- oder Hybridkalibrierung, ansatzmäßig ergeben (siehe Abbildung 6-2).

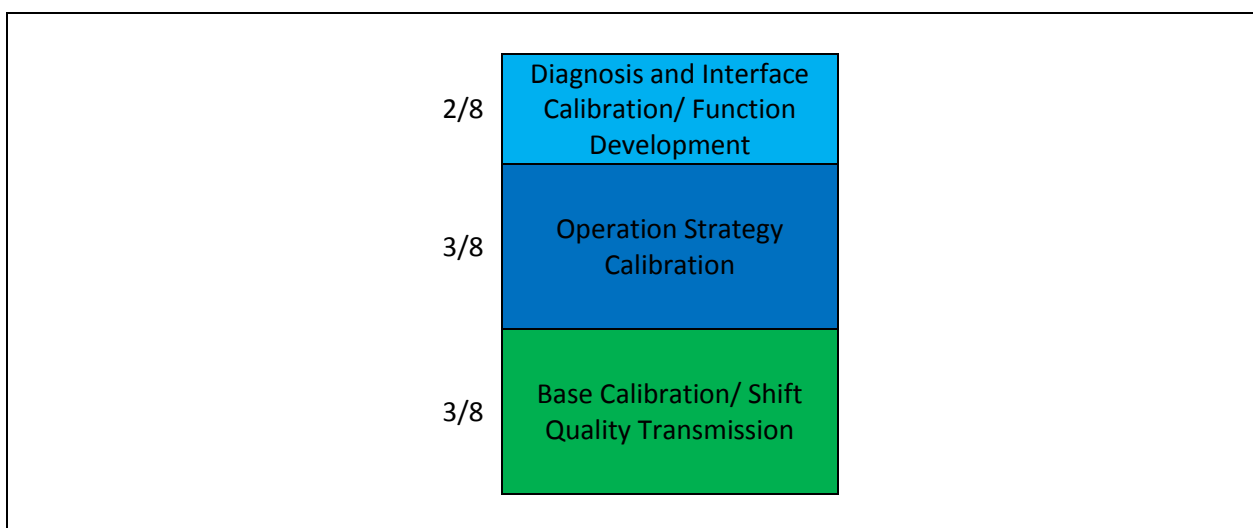


Abbildung 6-2: Aufteilung eines Projektumfanges innerhalb von DST¹⁸⁹

Wie aus Abbildung 6-2 hervorgeht sind ca. ein Viertel der Projekte innerhalb der Abteilung DST der Leadgruppe „*Diagnosis and Interface Calibration/ Function Development*“ zugeordnet. Diese Abgrenzung ist notwendig, um das Potential dieses innovativen Ansatzes „*Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid*“ zu eruieren. Die Aufteilung des Umsatzes in der Hybridkalibrierung, die innerhalb der AVL Gültigkeit hat, wird als

¹⁸⁸ Vgl. Taschner (2008), S. 5

¹⁸⁹ Eigene Darstellung

Annahme für den gesamten Hybridkalibrierungsmarkt herangezogen. Diese Annahme ist für die spätere Kalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung notwendig.

6.1.1 Entwicklung der Hybridbranche

In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf den Märkten Europa, China und Nordamerika, da diese von der Abteilung DST als strategisch am wichtigsten betrachtet werden. Die erhobenen Daten beruhen zum Teil auf AVL-internen Marktforschungen sowie auf unabhängigen Quellen. Ein Vollständigkeitsanspruch dieser Daten kann jedoch nicht gestellt werden, da jede Marktforschung vom Kenntnisstand und den Fähigkeiten der erhebenden Partei beeinflusst wird¹⁹⁰.

Die Abbildung 6-3 zeigt die prognostizierte Entwicklung von Mild-Hybridfahrzeugen in einem Zeitrahmen zwischen 2009 und 2017. Unterschieden wird hier zwischen den Märkten, China, Nordamerika, Japan bzw. Korea und Europa.

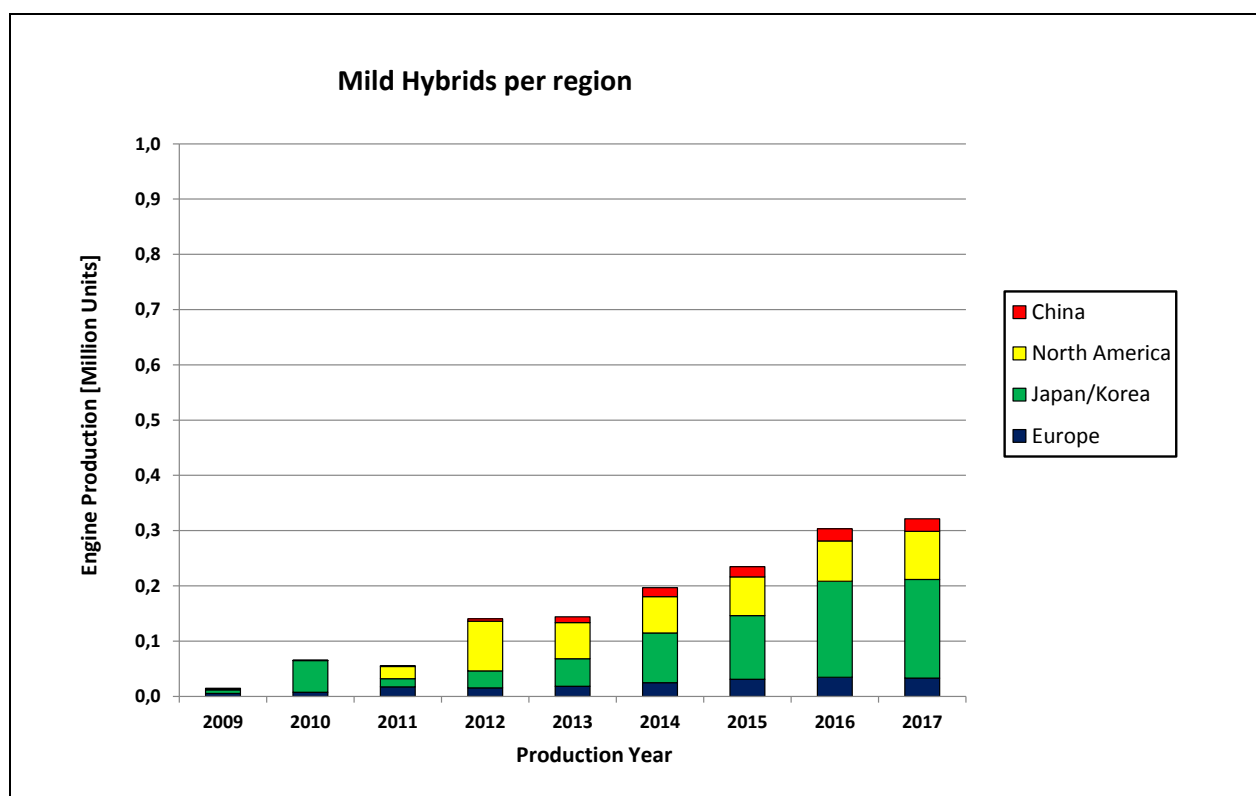


Abbildung 6-3: Entwicklung von Mild-Hybridfahrzeugen bezogen auf unterschiedliche Märkte¹⁹¹

¹⁹⁰ Vgl. Wöhe, G.; Döring, U. (2010), S. 396

¹⁹¹ AVL interne Quelle: Marktauswertung-Diagramme_E_Hybrid

Die selbe Darstellung, jedoch nur für Full-Hybridfahrzeuge, zeigt Abbildung 6-4. In dieser Marktauswertung ist Australien inkludiert. Wie jedoch zu erkennen ist, hat dies keinen bedeutenden Einfluss auf das Gesamtergebnis.

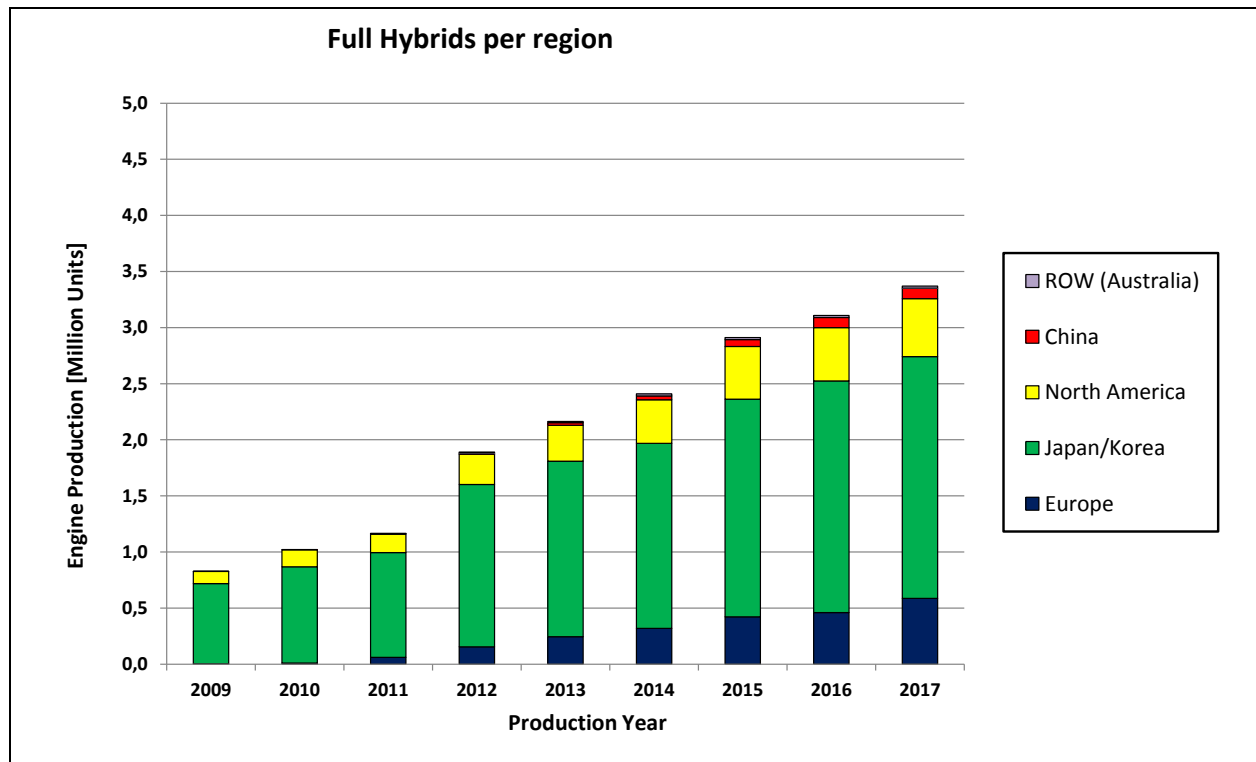


Abbildung 6-4: Entwicklung von Mild-Hybridfahrzeugen bezogen auf unterschiedliche Märkte¹⁹²

Wie aus den beiden Prognosen in Abbildung 6-3 und Abbildung 6-4 deutlich wird, ist der bedeutendste Markt hinsichtlich der Hybridisierung Japan. Bezogen auf diese Marktanalyse hat der Mild-Hybrid nur eine untergeordnete Bedeutung im Gegensatz zu den Full-Hybridfahrzeugen. Größenordnungsmäßig zeigt sich, dass Mild-Hybridfahrzeuge nur etwa ein Zehntel des Volumens der Full-Hybridfahrzeuge ausmachen. Unabhängig der Märkte und der Hybridisierungsgrade ist ein deutlicher Aufwärtstrend erkennbar.

Andere Prognosen sagen voraus, dass ein Produktionsvolumen von 8,5 Millionen Hybridfahrzeugen im Jahre 2015 realistisch sei, siehe Abbildung 6-5. In diesem Ausblick sind allerdings auch Micro-Hybridfahrzeuge berücksichtigt, die einen entscheidenden Anteil über haben.

¹⁹² AVL interne Quelle: Marktauswertung-Diagramme_E_Hybrid

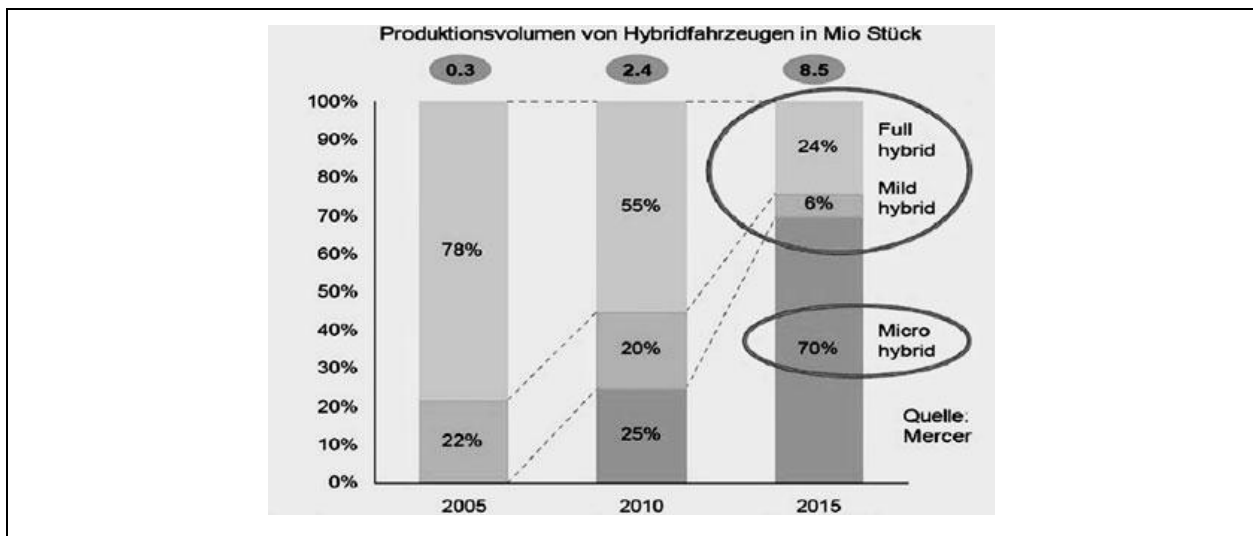


Abbildung 6-5: Produktionsvolumen von Hybridfahrzeugen nach Hybridisierungsgrad¹⁹³

Die in Abbildung 6-5 gezeigten 8,5 Millionen Fahrzeuge unterteilen sich hierbei in 70% Micro-Hybrid-, 6% Mild-Hybrid- und 24% Full-Hybridfahrzeuge.

Laut einer Aussage der Robert Bosch AG besitzen bereits 33% der heutzutage produzierten Fahrzeuge ein Start-Stopp-System. Bis zum Jahr 2013 soll dieses System in jedem zweiten Fahrzeug integriert sein.¹⁹⁴ Dieser Umstand erklärt auch die hohe Anzahl an Micro-Hybridfahrzeugen, die auf einem Start-Stopp-System aufbauen.

Abseits der Prognosen, bei einer objektiven Betrachtung der aktuellen Marktsituation ändert sich das Bild ein wenig. Im ersten Quartal 2012 wurden in Europa lediglich 28.500 Hybridfahrzeuge verkauft. Der europäische Markt ist für Hybridfahrzeuge verhältnismäßig klein und schwer zu durchdringen. Ein Grund hierfür ist die starke Konkurrenz durch Dieselfahrzeuge.¹⁹⁵ Die Entwicklung im Bereich der Verbrennungsmotoren ist in den letzten Jahren stärker fortgeschritten als jene der Hybridfahrzeuge. Moderne Dieselfahrzeuge haben einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 3,6 Liter pro hundert Kilometer und unterschreiten somit den angegebenen Durchschnittsverbrauch eines Toyota Prius¹⁹⁶. Der CO₂-Ausstoß von rein verbrennungsmotorisch angetriebenen Dieselfahrzeugen kann mittlerweile auf 85g/km reduziert werden¹⁹⁷. Da im japanischen Markt so gut wie keine Diesel-PKW's vertreten sind, ist dort die Situation eine andere. Allein Toyota verkaufte 2011 im heimischen Markt über 252.000 Prius, was diesen an die Spitze der Verkaufscharts in Japan brachte. Im Vergleichszeitraum wurden in ganz Europa lediglich ca. 100.000

¹⁹³ Hofmann (2010), S. 13

¹⁹⁴ Vgl. AVL interne Quelle: AID Newsletter 1201

¹⁹⁵ Vgl. AVL interne Quelle: AID Newsletter 1211

¹⁹⁶ Vgl. AVL interne Quelle: AID Newsletter 1207

¹⁹⁷ Vgl. AVL interne Quelle: AID Newsletter 1211, S. 3

Hybridfahrzeuge aller Hersteller verkauft. Es lässt sich somit feststellen, dass deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Zielmärkten existieren.¹⁹⁸ Global betrachtet ist eine Steigerung des Gesamtabsatzes von Hybridfahrzeugen von Jahr zu Jahr deutlich feststellbar. Weiters sei erwähnt, dass bei der Betrachtung des aktuellen Marktes hauptsächlich von Full-Hybridfahrzeugen die Rede ist. Geht man von Micro-Hybriden aus, ist wie zuvor erwähnt, eine enorme Steigerung zu erwarten.

Die Anwendung des innovativen Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ ist unabhängig von der Art des Hybridsystems. Eine Diagnosebedingung ist bei allen Hybridfahrzeugvarianten erforderlich. Somit ist ein enormes Potential für den Einsatz des Ansatzes vorhanden.

6.1.2 Zielkunden

Die nachfolgenden Darstellungen zeigen die Entwicklung der bedeutendsten OEMs, die im Bereich der Elektrifizierung des Antriebsstrangs in Zukunft am stärksten vertreten sein werden (siehe Abbildung 6-6 und Abbildung 3-3).

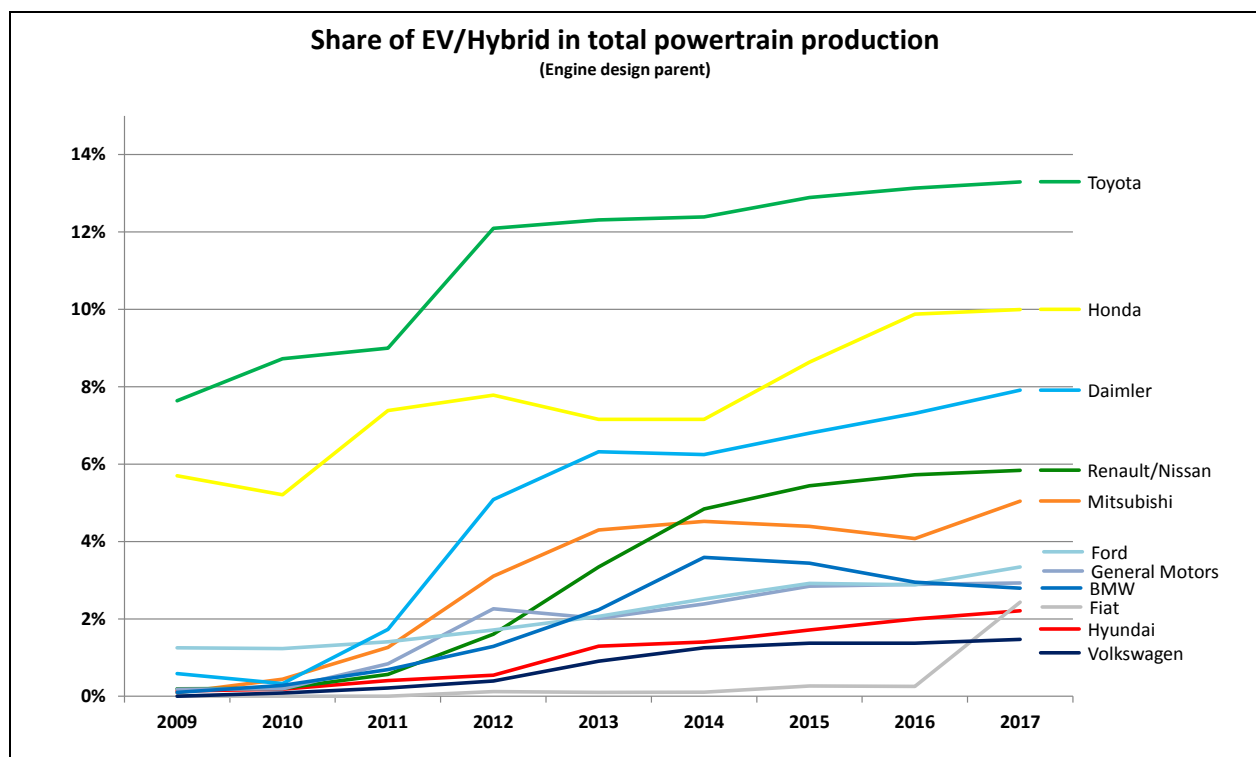


Abbildung 6-6: Marktanteile der OEMs im Bereich Elektrifizierung von 2009 bis 2017¹⁹⁹

¹⁹⁸ Vgl. AVL interne Quelle: AID Newsletter 1211

¹⁹⁹ AVL interne Quelle: Marktauswertung-Diagramme_E_Hybrid

Die Entwicklung des Marktanteiles von elektrifizierten Antriebssträngen unterschiedlicher Automobilhersteller von 2009 bis 2017 kann der Abbildung 6-6 entnommen werden. An oberster Stelle und mit deutlichem Abstand zu den restlichen Herstellern stehen zwei japanische OEMs, Toyota und Honda. Diese Prognose korreliert mit jener aus dem vorangegangenen Kapitel bezüglich des japanischen Marktes. Abbildung 3-3 zeigt die Entwicklung der Anzahl von Modellen mit elektrifiziertem Antriebsstrang der bedeutendsten Hersteller aus Sicht von 2012 sowie eine Prognose für das Jahr 2017.

Bis auf wenige Ausnahmen werden alle oben angeführten OEMs die Anzahl ihrer Modelle mit elektrifiziertem Antriebsstrang bis 2017 merklich erhöhen.

Aufgrund AVL-interner Entscheidungen werden im Weiteren nur europäische, chinesische und US-amerikanische Automobilhersteller bzw. Zulieferer als mögliche Zielkunden herangezogen und näher betrachtet. Die dominierenden japanischen OEMs werden dabei außer Acht gelassen, da deren Philosophie ist, selbst alles aufzubauen und Kernkompetenzen nicht außer Haus zu geben.²⁰⁰ Damit werden nur jeweils relevante Automobilhersteller aus den drei Märkten, Europa, China und USA, betrachtet.

Allgemein betrachtet können jedoch mögliche Zielkunden aus Sicht der AVL Abbildung 6-7 entnommen werden.

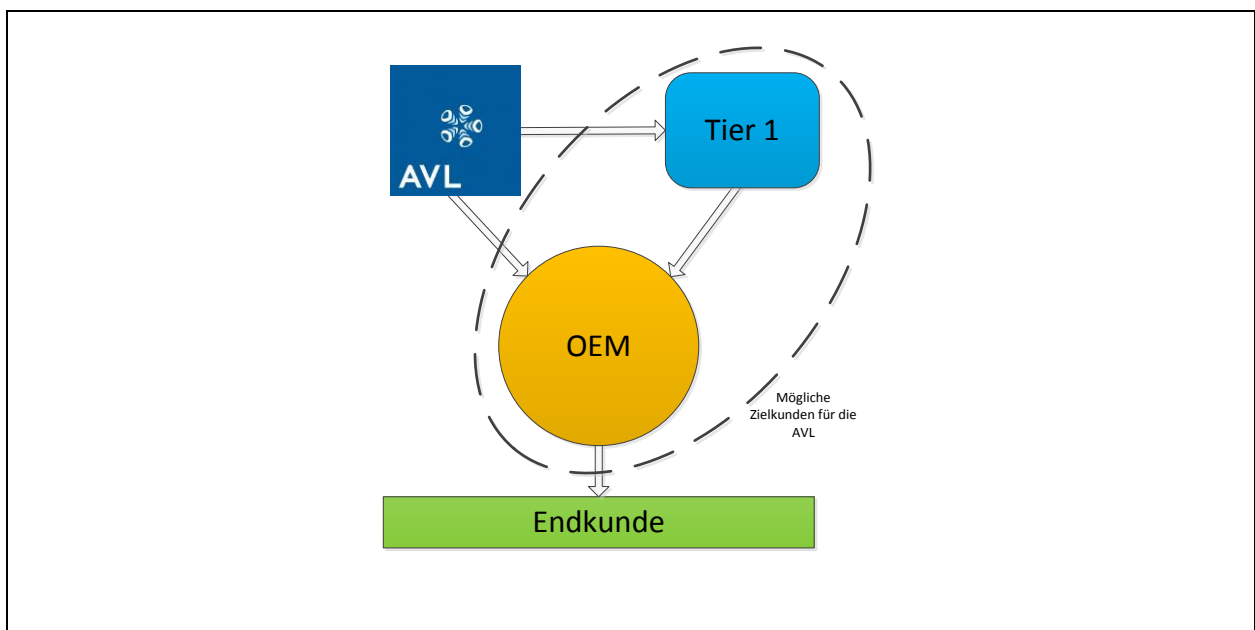


Abbildung 6-7: Zielkunden²⁰¹

²⁰⁰ Vgl. interne Quelle: Dienstleistungsanalyse u. Kundenbewertung im Bereich Hybridkalibrierung, S. 61

²⁰¹ Eigene Darstellung

Grundsätzlich können somit alle OEMs und Tier-1- Lieferanten, die mit der Elektrifizierung des Antriebsstranges in Verbindung stehen, potenzielle Kunden für die AVL sein. Aus diesem Grund sollen keine OEMs und Tier 1 – Lieferanten unberücksichtigt bleiben. Im Rahmen dieser Arbeit und beziehungsweise auf eine Analyse der AVL werden allerdings nur OEMs dezidiert angeführt und bewertet.

Bei den Automobilherstellern als Zielkunden wird einerseits die derzeitige und andererseits die zukünftige Relevanz aus Sicht der AVL analysiert. Eine Beurteilung erfolgt hier anhand von bestehenden und zukünftigen Projekten sowie anhand der Einschätzungen von AVL-Experten. Hier ist zu erwähnen, dass die Auswahl der Kunden keine Segmentierung oder Begrenzung darstellt. Für zukünftige Betrachtungen können auch andere Kunden in Frage kommen, die aus Sicht der Abteilung Potenzial haben. Bei der derzeitigen Kundenwahl und Bewertung soll lediglich das derzeitige Potenzial festgestellt werden, bei welchem OEM sich Anstrengungen zur Akquirierung von Projekten besonders lohnen könnten.²⁰²

Im europäischen Raum wurden Daimler, BMW, Audi, RSA (Renault-Nissan) und VW für eine nähere Betrachtung ausgewählt (siehe Abbildung 6-8).

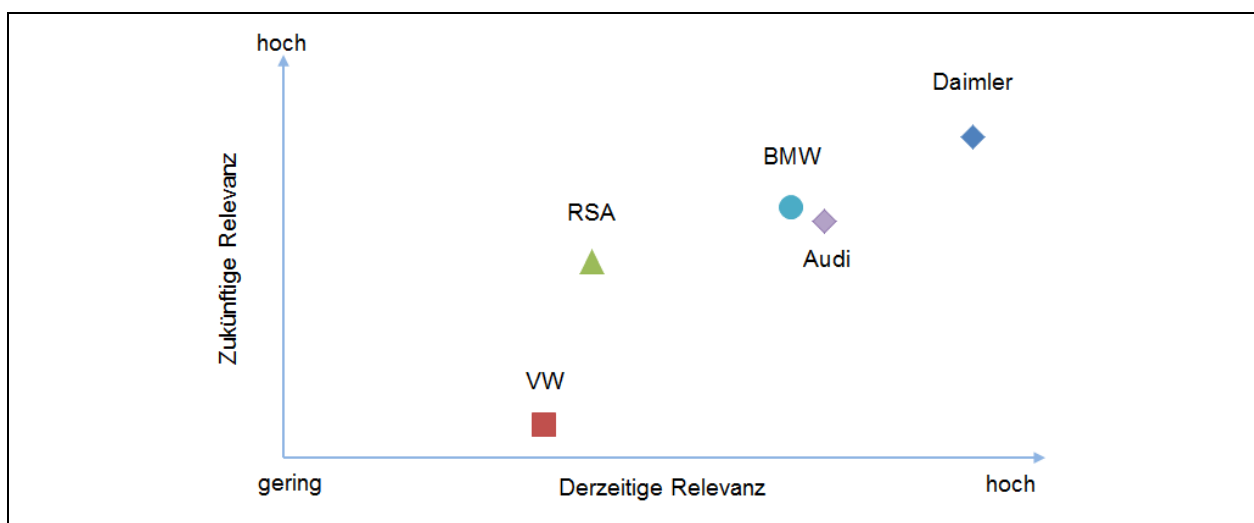


Abbildung 6-8: Mögliche Zielkunden in Europa²⁰³

Daimler ist ein Technologievorreiter und wird somit als wichtiger Kunde im Bereich Elektrifizierung des Antriebsstrangs sowie bei einer Vorstellung und Einführung neuer Methoden gesehen. Weiters zählen BMW und Audi zu potenziellen Kunden. Sich im französischen Markt zu etablieren wird als schwierig eingestuft. Aus diesem Grund ist das Potential bei RSA dementsprechend geringer. VW ist mit IAV, einem Engineering

²⁰² Vgl. interne Quelle: Dienstleistungsanalyse u. Kundenbewertung im Bereich Hybridkalibrierung, S. 85f

²⁰³ AVL interne Quelle: Dienstleistungsanalyse u. Kundenbewertung im Bereich Hybridkalibrierung, S.86

Dienstleister und Hauptkonkurrenten der AVL sehr eng verbunden. Daraus ergibt sich das sehr niedrige Potential von VW aus Sicht der AVL.

Im Hinblick auf den US-amerikanischen Markt haben die zwei großen Konzerne GM und Ford ähnlich großes Potential (siehe Abbildung 6-9).

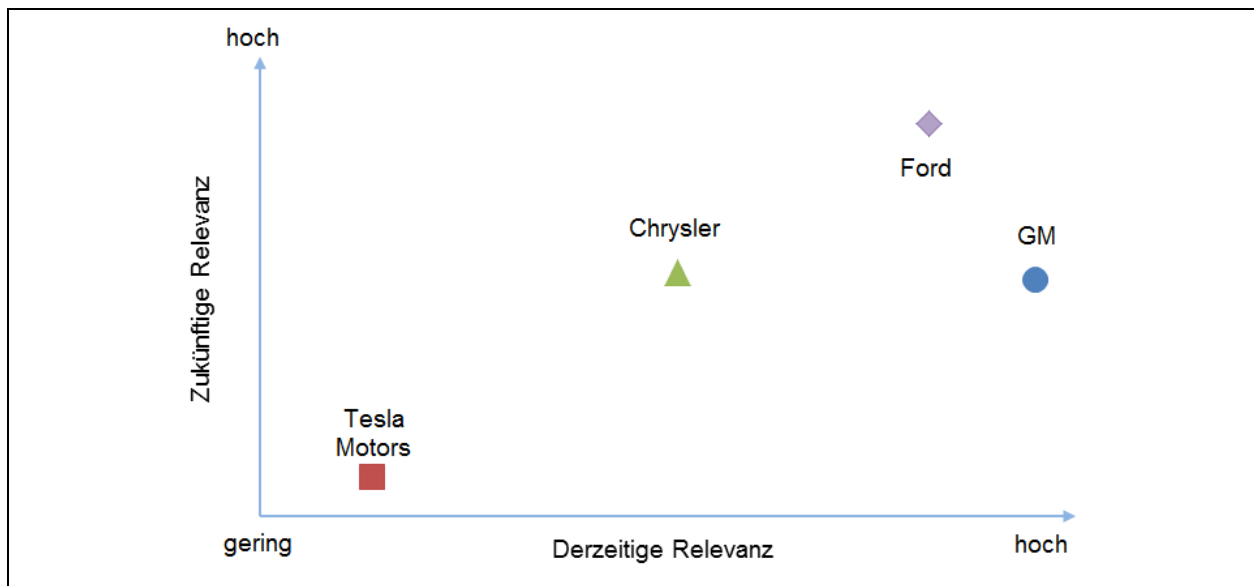


Abbildung 6-9: Mögliche Zielkunden in Nordamerika²⁰⁴

Chrysler bewegt sich hier eher im Mittelfeld, könnte aber dennoch für die Anwendung des innovativen Ansatzes von Interesse sein. Tesla Motors wird aufgrund der Unternehmungsgröße mit einer sehr geringen Relevanz bewertet.

Am chinesischen Markt wird FAW als wichtigster potenzieller Kunde angesehen, da mit diesem schon einige Projekte innerhalb der Abteilung DST erfolgreich abgewickelt wurden. Die Relevanz der betrachteten anderen drei chinesischen OEMs können der Abbildung 6-10 entnommen werden.

²⁰⁴ AVL interne Quelle: Dienstleistungsanalyse u. Kundenbewertung im Bereich Hybridkalibrierung, S.88

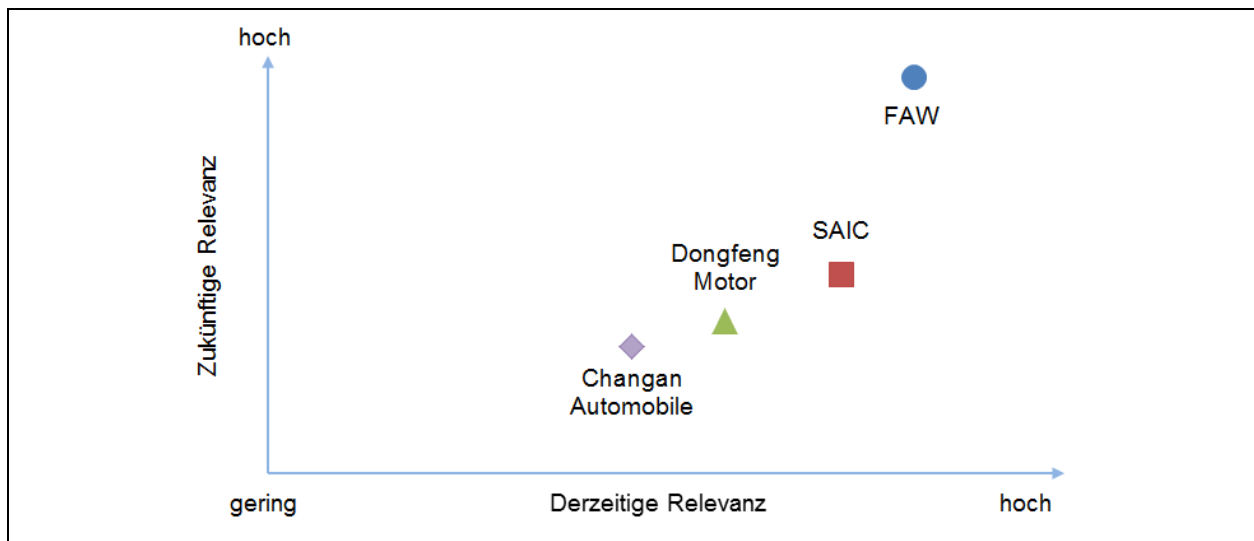


Abbildung 6-10: Mögliche Zielkunden in China²⁰⁵

Bis jetzt wurden nur OEMs als mögliche Kunden in Betracht gezogen. Viele Möglichkeiten ergeben sich ebenso bei Komponenten- und Systemlieferanten sowie generell bei Automobilzulieferern. Als konkretes Beispiel sei hier die ZF Getriebe GmbH zu erwähnen, da hier gerade einige Projekte anlaufen und sehr gute Beziehungen zur AVL bestehen.

Die genaue Erfassung von Zahlenwerten bezüglich der Zielkunden ist im Umfang der Diplomarbeit nicht möglich. Ziel dieses Kapitels soll lediglich sein, das Potential aufzuzeigen und einen Einblick in die zukünftige Entwicklung im Hybridsektor zu bekommen. Diese Prognosen sind im Weiteren wichtig für eine Entscheidung bezüglich einer Realisierung einer der Ansätze.

6.1.3 Wettbewerb

Für diesen innovativen Ansatz tauchen zwei verschiedene Konkurrenzarten auf. Zum einen gibt es konkurrierende Engineering-Dienstleister und zum anderen gibt es am Markt konkurrierende Produkte, die zu der von AVL verwendeten Toolkette im Wettbewerb stehen.

Zunächst werden jene Mitbewerber aus dem Bereich der Dienstleistungsanbieter betrachtet, die ebenfalls Kalibrationsarbeit für Hybridfahrzeuge anbieten. Hier wurden separat für jeden Markt folgende fünf Kriterien berücksichtigt.²⁰⁶

²⁰⁵ AVL interne Quelle: Dienstleistungsanalyse u. Kundenbewertung im Bereich Hybridkalibrierung, S.87

²⁰⁶ Vgl. AVL interne Quelle: Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung, S. 54ff

- **Präsenz am Zielmarkt**
Hier ist die Anzahl der dauerhaft im Zielmarkt beschäftigten Mitarbeiter von Bedeutung.
- **Mitarbeiteranzahl in der Kalibrierung**
Bei diesem Kriterium ist lediglich die Anzahl der Fahrzeugkalibrateure interessant.
- **Innovationsstärke der Unternehmung**
Als Maß hierfür gilt die Anzahl an Patenten im Bereich Hybrid- und Elektrofahrzeuge.
- **Etablierung auf den Zielmärkten**
Die Grundlage hierfür ist der Gesamtumsatz 2010 sowie die Umsatzentwicklung 2009/2010.
- **Etablierung im Bereich Hybrid- und Elektrofahrzeuge**
Hier ist die Anzahl der bekannten Referenzen im Bereich Elektrifizierung des Antriebsstrangs von Bedeutung.

Für diese Wettbewerberanalyse werden zum Vergleich der AVL, die FEV, die IAV und Ricardo betrachtet, da diese als Hauptkonkurrenten gelten.²⁰⁷ Die Erfüllung der einzelnen Kriterien pro Dienstleistungsanbieter wird in einem Spinnennetzdiagramm dargestellt. Die Merkmale, nach denen die einzelnen Konkurrenten beurteilt werden, sind den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen. Die Beurteilung der Zielerreichung erfolgte aus Informationen der jeweiligen Geschäftsberichte sowie durch AVL-Mitarbeiter²⁰⁸.

Bevor auf die Konkurrenzanalyse, bezogen auf die einzelnen Zielmärkte Europa, USA und China eingegangen wird, werden die im Wettstreit stehenden Unternehmungen kurz vorgestellt.

FEV GmbH

Die FEV GmbH hat ihren Hauptsitz in Aachen, Deutschland und wurde 1978 gegründet. Sie ist ein unabhängiger Engineering-Dienstleister in der Antriebs- und Fahrzeugtechnologie. Das Spektrum der FEV reicht von der Motorenentwicklung bis zu innovativen Fahrzeugkonzepten inklusive Hybridantriebe. Ähnlich der AVL bietet die

²⁰⁷ Vgl. AVL interne Quelle: Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung, S. 53

²⁰⁸ Vgl. AVL interne Quelle: Internes Marketing u. strategische Positionierung d. Hybridkalibrierung, S. 55

FEV im Rahmen ihres Geschäftsbereiches Test-, Systems- und Prüfstandseinrichtungen sowie Messtechnikequipment an.²⁰⁹

IAV GmbH

Die IAV GmbH ist ein Entwicklungsdienstleister mit Sitz in Berlin, welcher 1983 gegründet wurde. Im Gegensatz zur FEV und der AVL ist die IAV jedoch kein unabhängiges Unternehmen. Sie gehört zu 50% der Volkswagen AG, zu 20% der Continental Automotive GmbH, zu 10% der Roof Systems Germany GmbH wobei diese Anteile durch die Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG übernommen werden, zu 10% der Freudenberg & Co. KG und zu 10% der SABIC Innovative Plastics B.V.²¹⁰

Ricardo plc

Ricardo plc ist der älteste der vier zu vergleichenden Dienstleister und wurde 1915 in England gegründet. Neben dem Angebot von Engineering-Leistung zählen auch strategische Beratungen für die Automobil-, Transport- und Energieindustrie zu deren Portfolio. Seit 1962 wird Ricardo an der Londoner Börse gehandelt. Da jedoch kein OEM bzw. Zulieferer zu den Hauptaktionären zählt, kann diese Institution ebenfalls als weitgehend unabhängig bezeichnet werden.²¹¹

Nun wird zunächst die Situation in Europa betrachtet (siehe Abbildung 6-11).

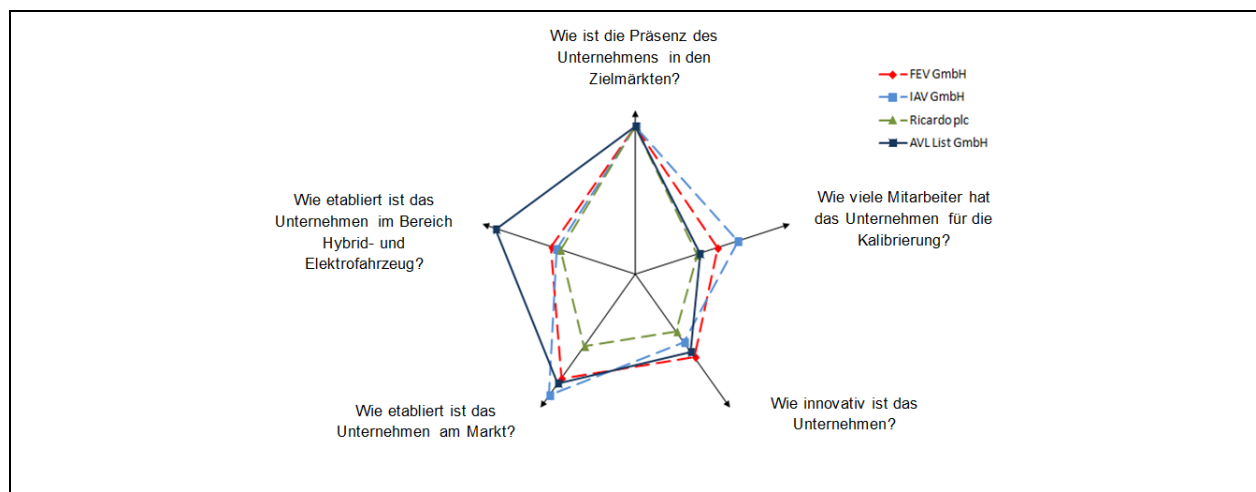


Abbildung 6-11: Auswertung der Wettbewerberanalyse in Europa²¹²

Gut erkennbar ist die deutliche Ausprägung der AVL im Bereich der Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Aufgrund der hohen Anzahl an Kalibrationsingenieuren von ca. 600,

²⁰⁹ Vgl. FEV Homepage, Zugriffsdatum: 08.09.2012

²¹⁰ Vgl. IAV Homepage, Zugriffsdatum: 08.09.2012

²¹¹ Vgl. Ricardo Homepage, Zugriffsdatum: 08.09.2012

²¹² AVL interne Quelle: Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung, S. 97

sticht die IAV hier deutlich hervor. Im Gegensatz dazu kann die AVL nur mit ca. 300 Kalibrations-Ingenieuren aufwarten. Gesamtheitlich betrachtet ist aber die FEV der größte Konkurrent in Europa für die AVL.

Die Situation in den USA sieht ähnlich aus wie in Europa. Als Hauptkonkurrent tritt wieder die FEV in den Vordergrund (siehe Abbildung 6-12).

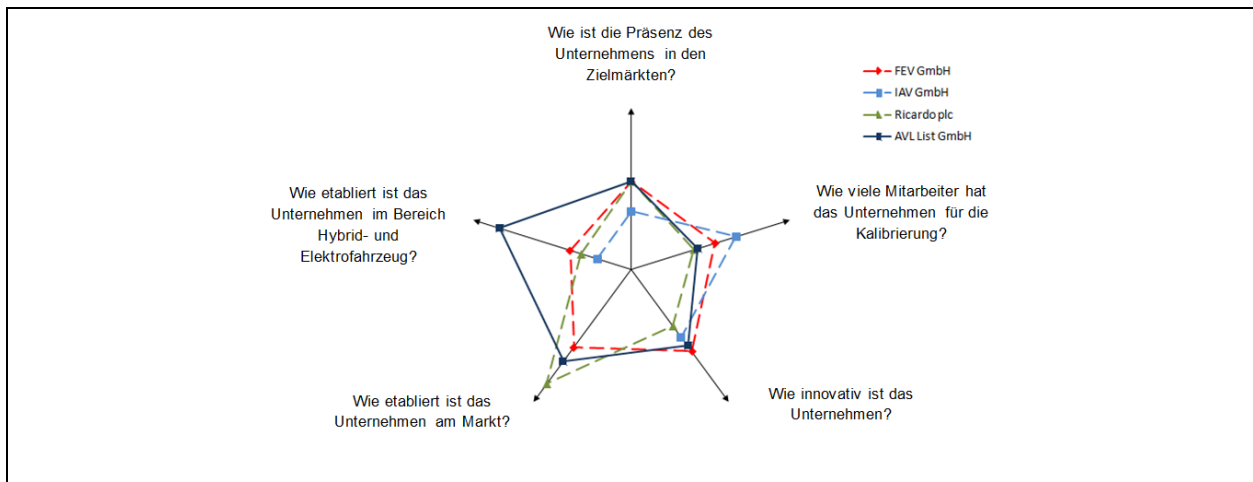


Abbildung 6-12: Auswertung der Wettbewerberanalyse in USA²¹³

Eine Aussage wie etabliert die IAV am US-amerikanischen Markt ist, konnte allerdings nicht getroffen werden.

Am chinesischen Markt sieht die Situation anders aus, siehe Abbildung 6-13. Hier ist die FEV im Bereich elektrifizierter Fahrzeuge besser gestellt als die AVL. In den anderen Bereichen sind FEV und AVL gleichgestellt. Die IAV und Ricardo spielen am chinesischen Markt aus Sicht der AVL eher eine untergeordnete Rolle. Aus diesem Grund ist auch hier wiederum die FEV der Hauptkonkurrent der AVL.

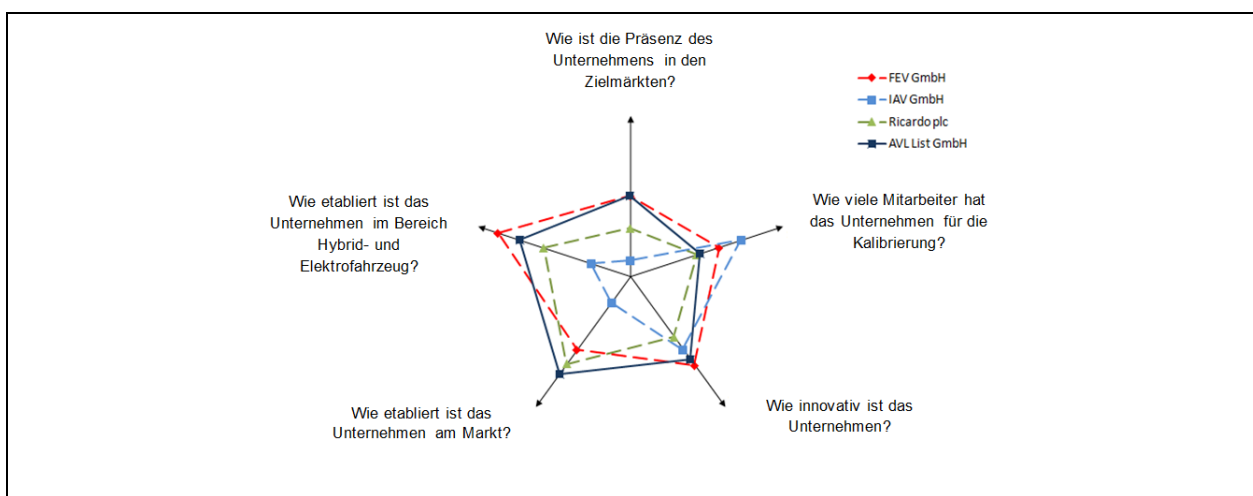


Abbildung 6-13: Auswertung der Wettbewerberanalyse in China²¹⁴

²¹³ AVL interne Quelle: Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung, S. 99

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass im Dienstleistungssektor in allen drei Zielmärkten FEV als größter Konkurrent zu sehen ist.

Alle erhobenen Daten stammen aus einer umfangreichen Konkurrenzanalyse der AVL. Für weitere Details wird auf dieses Dokument „Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung“ verwiesen.

Auf der anderen Seite wird nun eine Konkurrenzanalyse bezüglich der verwendeten Tools, AVL CREAT, AVL CAMEO und AVL FOX, durchgeführt.

Als Pendant zur AVL Toolkette, mit denen zumindest vergleichbare Ergebnisse erzielbar sind, wenn auch auf konventionelle Weise, sind Top Expert der FEV, CAL IAV von IAV/ETAS, sowie ganz allgemeine Programme wie MatLab und MS Excel.

- **FEV – TOPexpert**

Der größte Konkurrent aus dem Bereich der Engineering-Dienstleister bietet ebenfalls eigene Tools für Applikations- und Kalibrierungszwecke an. Diese Methodik wird unter dem Namen TOPexpert vertrieben und ist seit Mitte 2009 in der 2.0-Version erhältlich. TOPexpert gibt es seit 2006 kommerziell zu erwerben, wobei hier die Tools noch auf einzelne Einsatzbereiche beschränkt waren. Ähnlich der AVL-Methode ist hier ebenfalls eine Offlinesimulation der Steuergerätefunktionen, die durch Simulink-Modelle integriert werden, möglich. Überdies bietet die FEV ebenfalls eine Fahrpedalautomation für reproduzierbare Fahrmanöver an. DoE-Modellierungen, automatisierte Prüfabläufe sowie Manöver für beispielweise OBD-Abprüfungen sind ebenfalls Aufgaben, die mit TOPexpert erfüllt werden können. Die FEV wirbt für Ihr Produkt mit einer Kosten- und Zeiteinsparung von bis zu 80%. Auf welchen Anwendungsfall dies bezogen ist und ob das der Realität entspricht, kann jedoch nicht überprüft werden. Trotz der vergleichbaren Produkteigenschaften zu der AVL-Toolkette ist die Anwendung von TOPexpert auf den Motorenbereich fokussiert.²¹⁵

- **IAV - CaliAV**

CaliAV nennt sich das Pendant der IAV zur AVL-Toolkette. Dieses Produkt wird in Zusammenarbeit mit der ETAS GmbH angeboten²¹⁶. ETAS, der Entwickler der INCA Software-Produktpalette, auf der CaliAV basiert. Unter der Bezeichnung INCA

²¹⁴ AVL interne Quelle: Konkurrenzanalyse im Bereich Hybridkalibrierung, S. 101

²¹⁵ Vgl. FEV Homepage, Zugriffsdatum: 06.09.2012

²¹⁶ Vgl. IAV Homepage, Zugriffsdatum: 04.09.2012

laufen Softwareprodukte, die für die Applikation, Validierung und Diagnose von elektronischen Systemen in Fahrzeugen in Einsatz kommen²¹⁷. CaliAV wird seit 2010 von der IAV angeboten und kann bei SiL-, HiL-, Rollen-, Motor- und Komponentenprüfständen eingesetzt werden²¹⁸. Die IAV wirbt vor allem mit der einfachen Bedienbarkeit der Programme, die auf der übersichtlichen grafischen Darstellung in Form von Flussdiagrammen beruht. Der Applikationsaufwand soll sich bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität um 60% reduzieren.²¹⁹ CaliAV wird für die automatisierte Applikation von Steuergerätefunktionen, die Validierung, die Auswertung von Messdaten, zur Optimierung von Steuerungs- und Regelfunktionen sowie zur Dokumentation von Arbeitsschritten eingesetzt²²⁰. Ob eine Offlinekalibrierung tatsächlich und in vollem Umfang wie bei der AVL-Methode möglich ist, konnte nicht eindeutig in Erfahrung gebracht werden.

- **Excel**

Microsoft Excel ist das am weitesten verbreitete Tabellenkalkulationsprogramm. Wie die meisten Programme dieser Art, ermöglicht Excel umfangreiche Berechnungen mit Formeln und Funktionen. Des Weiteren können Diagramme grafisch dargestellt werden.²²¹ Auf diese Weise können Kalibrationen durch Eingabe aller notwendigen Informationen und Verstellen von Parametern gelöst werden. Dies wird zum Teil noch mit Excel durchgeführt, ist aber mit hohem Aufwand verbunden und nicht mehr zeitgerecht.

- **MATLAB**

Der Name MATLAB bildet sich aus MATrix LABoratory und stammt von MathWorks. Die Software basiert auf einer Programmiersprache und wurde für technische Anwendungen entwickelt. MATLAB wird für eine Reihe naturwissenschaftlicher Berechnungen verwendet. Mit dem Programm können ebenfalls Grafiken erstellt werden.²²² Mit diesem Tool können Kalibrationen ganz allgemein, wie mit MS Excel und auf konventionelle Weise gelöst bzw. durchgeführt werden. MatLab/Simulink Modelle laufen allerdings im Hintergrund der AVL Programme ab.

²¹⁷ Vgl. ETAS Homepage, Zugriffsdatum: 04.09.2012

²¹⁸ Vgl. IAV Homepage, Zugriffsdatum: 04.09.2012

²¹⁹ Vgl. atzonline, Zugriffsdatum: 04.09.2012

²²⁰ Vgl. ETAS Homepage, Zugriffsdatum: 04.09.2012

²²¹ Vgl. Schwenk; et al. (2010) S. 209ff

²²² Vgl. pcmag Homepage, Zugriffsdatum: 15.09.2012

Bezüglich der am Markt angebotenen Tools kann Folgendes zusammengefasst werden. Entsprechend dem Angebot als Dienstleister ist die FEV GmbH ebenfalls auf der Produktseite der Hauptkonkurrent für die AVL, sofern man von den allgemeinen zur Verfügung stehenden Produktbeschreibungen ausgeht. Wie die Situation auf der Kostenseite aussieht, konnte im Rahmen der Diplomarbeit nicht eruiert werden. Die AVL Tools sind bereits für andere Anwendungsfälle am Markt etabliert. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Produktpreise konkurrenzfähig sind und den üblichen Marktpreisen entsprechen. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass laut erhobenen Informationen die Konkurrenzprodukte von FEV und IAV vorwiegend bei der Motorkalibrierung ihre Anwendung finden²²³. Durch diesen Umstand nimmt die AVL eine weitere Vorreiterrolle ein und verschafft der Abteilung DST einen strategischen Vorteil.

6.2 Business-Models

Bei dem betrachteten innovativen Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ ergeben sich mehrere Möglichkeiten einer wirtschaftlichen Verwertung. Diese Möglichkeiten werden im Weiteren in verschiedene Business-Models kompakt dargestellt.

Durch den innovativen Ansatz ergeben sich insgesamt drei mögliche Geschäftsszenarien – das Anbieten der Methodik im Rahmen einer Dienstleistung, Verkaufen der Methodik als eine Art Produkt und eine Kombination aus diesen beiden.

Bevor auf die einzelnen Business-Models eingegangen wird, werden für ein einheitliches Verständnis die Bezeichnungen „Produkt“ und „Dienstleistung“ in Bezug auf diese Arbeit definiert.

Produkt vs. Dienstleistung

Produkte sind physisch greifbar. Das Eigentumsrecht kann somit einfach übertragen werden. Ebenso ist eine Lagerfähigkeit gewährleistet. Dem gegenüber stehen Dienstleistungen. Diese sind nicht physisch greifbar und bei denen ist ein Weiterverkauf, also eine Übertragung der Eigentumsrechte in der Regel nicht möglich.²²⁴ Ein typisches Merkmal von Dienstleistungen ist, dass die Produktion und

²²³ Vgl. FEV Homepage, Zugriffsdatum: 06.09.2012

²²⁴ Vgl. Uni Wuppertal Homepage, Zugriffsdatum: 26.09.2012

der Verbrauch im Normalfall zeitgleich ablaufen. Dienstleistungen werden unmittelbar und meist personengebunden durchgeführt. Aufgrund dessen wurde ursprünglich nur eine geringe Möglichkeit einer Produktivitätssteigerung gesehen. In modernen Volkswirtschaften gehen diese gebundenen Dienstleistungen jedoch stark zurück und haben nur noch untergeordnete Bedeutung. Moderne Dienstleistungen sind ungebunden und durch eine zeitliche und räumliche Entkoppelung zwischen Produktion und Verbrauch charakterisiert. Zu diesen ungebundenen Dienstleistungen zählen besonders die produktions- oder unternehmensbezogenen Dienstleistungen, wie Finanzdienstleistungen und technische Dienstleistungen. Durch den Einsatz technischer Hilfsmittel (EDV, Kommunikationstechniken, usw.) sind ebenfalls erhebliche Produktivitätssteigerungen möglich, die weit über denen der industriellen Produktion liegen.²²⁵

Ganz allgemein kann die Abgrenzung zwischen Produkt und Dienstleistung folgendermaßen definiert werden: Produkte der Warenproduktion gelten als materielle Güter, hingegen spricht man bei Dienstleistungen von immateriellen Gütern.²²⁶

Neben den typischen Vertretern von Produkten oder Dienstleistungen gibt es aber auch Güter, die nicht exakt und mit allgemeiner Gültigkeit einzuordnen sind. Dazu zählen u.a. Software.²²⁷

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Projekt, das von der AVL abgewickelt wird als klassische Dienstleistung definiert. Beim Verkauf der gesamten Methodik, die aus Software inkl. Lizenz, Hardware, Know-how und Support besteht, wird dies im weitesten Sinne als Produkt definiert. Die Hardware ist ganz klar ein klassisches Produkt. Bei der Software, bei denen u.a. Lizenzgebühren anfallen, wäre es theoretisch möglich, diese an einen Dritten weiterzugeben, der dann im Weiteren diese Lizenzgebühren zahlt. Aus diesem Grund wird dies hier ebenfalls als Produkt angesehen. Bei jedem technischen Produkt werden die Eigenschaften sowie der korrekte Gebrauch und dessen Einsatzmöglichkeiten in einer Bedienungsanleitung beschrieben. Ob dieses Wissen in Form einer Anleitung oder einer Schulung übermittelt wird, ist irrelevant. Deshalb wird, wie bereits erwähnt, der Verkauf der Methodik an einen Kunden als Produkt angesehen.

Nach dieser Abgrenzung kann nun auf die einzelnen Business-Models eingegangen werden:

²²⁵ Vgl. wirtschaftslexikon gabler Homepage, Zugriffsdatum: 26.09.2012

²²⁶ Vgl. wirtschaftslexikon gabler Homepage, Zugriffsdatum: 26.09.2012

²²⁷ Uni Wuppertal Homepage, Zugriffsdatum: 26.09.2012

- **Business-Model 1**

Hier wird nur die Dienstleistung angeboten. Der Kunde definiert die Anforderungen und daraufhin wird von AVL die Kalibration im Haus durchgeführt.

- **Business-Model 2**

Der zweite Geschäftsfall geht von der Möglichkeit aus, dass die komplette Methodik inklusive der gesamten Toolkette an den Kunden verkauft wird. Der Kunde ist dann in der Lage mit der Methode der AVL und nach einer Einschulung sowie einem inkludierten Support die Kalibrierung bei sich selbständig im Haus durchzuführen.

- **Business-Model 3**

Die dritte Alternative ist eine Kombination aus den ersten beiden Geschäftsfällen. Der Kunde vergibt ein Projekt an AVL. Im Zuge der Abwicklung wird zugleich ein Workflow für den Kunden mitentwickelt. Bei positivem Abschluss des Projekts und Zufriedenheit des Kunden kommt sozusagen das Business-Model 2 zu tragen und dieser kauft die komplette Methodik, um zukünftige Projekte bei sich abzuarbeiten.

Beim Business-Model 1 werden die meisten Aufträge lukriert werden können. Aus diesem Grund wird dieser Fall im Zuge der Diplomarbeit detaillierter ausgearbeitet. Die beiden anderen Fälle sind eine Abwandlung des ersten Geschäftsfalles. Deshalb werden in weiterer Folge nur die Unterschiede zum Business-Model 1 aufgezeigt.

6.2.1 Business-Model 1 – Die Dienstleistung

Wie zuvor beschrieben, deckt der erste Geschäftsfall das Anbieten einer Dienstleistung ab. Bei dieser Alternative wird davon ausgegangen, dass der meiste Umsatz erwirtschaftet werden kann.

In der Regel ist der Vorgang folgender: Der Kunde stellt eine Anfrage zu einem konkreten Projekt, in einem sogenannten RFQ – Request for Quotation, in dem die gesamten Anforderungen und Arbeitsumfänge aufgelistet sind. In Abhängigkeit des Dienstleistungsumfangs ergibt sich die Projektgröße. Für die Ausarbeitung der einzelnen Business-Cases werden drei Projektgrößen behandelt:

Kleines Projekt

Von einem kleinen Projekt wird in diesem Kontext z.B. bei einer Variantenkalibrierung gesprochen. Eine Variantenkalibrierung liegt vor, wenn die Basis des Gesamtfahrzeugs grundsätzlich besteht, sich jedoch ein Einflussfaktor, z.B. die Motorleistung der VKM oder das Fahrzeuggewicht aufgrund einer anderen Karosserievariante bei gleichbleibendem Antriebsstrang ändert. Für diese Änderung und die damit verbundenen Einflüsse auf andere Komponenten muss eine Kalibrierung durchgeführt werden, um den Kundenanforderungen wieder gerecht zu werden. Dieses Szenario der Variantenkalibrierung wird in Zukunft die wichtigste Kalibrierungsvariante werden.

Großes Projekt

Eine Leadvariante wäre hingegen ein großes Projekt. Hier wird ein komplettes Fahrzeug, angefangen vom Konzept über Design, Prototypentwicklung, Kalibrierung, Dauerlaufstest und Feinkalibrierung bis hin zum SOP (Start of Production) entwickelt. Bei diesem Projektumfang sind jedoch nur die hybridspezifischen bzw. hybrid-/diagnoserelevanten Themen von Interesse.

Mittleres Projekt

Die Lücke zwischen einer Variantenkalibrierung und einer Leadvariante wird durch eine Prototypenkalibrierung geschlossen. Da die Anforderungen eines Prototyps niedriger als bei einem SOP-Projekt sind, ist der Kalibrationsaufwand dementsprechend geringer. Des Weiteren wäre die Kalibration z.B. einer Trennkupplung, also einer neuen Komponente, vom Arbeitsumfang als mittleres Projekt einzustufen.

Tabelle 6.1 zeigt einen Überblick des kalkulierten Aufwands von unterschiedlichen Projektumfängen bei Einsatz konventioneller Methoden.

Projektgröße	Arbeitsumfang	Anzahl MA	Dauer	Auslastung [%]	Std.Satz	Menge [h]	HSK	Sales-Faktor	Sales-Preis
Klein	Variantenkalibrierung	1	3,5 Wo	100	71 €	140	9.940 €	1,33	13.220 €
Mittel	neue Komponente	1	18 Wo	100	71 €	720	51.120 €	1,33	67.990 €
Groß	Leadvariante	1,2	23 Mo	80	71 €	3532,8	250.829 €	1,33	333.602 €

Tabelle 6.1: Gesamtprojektumfang bei konventioneller Abwicklung²²⁸

Die oben angeführten Zahlenwerte stammen aus unterschiedlichen Projektkalkulationen, die für das jeweilige Gesamtprojekt vor Beginn erstellt wurden. Hierbei handelt es sich nur um den Aufwand, der vom Fachteam DST bzw. von der Leadgruppe Diagnose geleistet wird. Die Kosten für die damit verbundene

²²⁸ Vgl. AVL interne Quelle: Angebote

Fahrzeugnutzung sind darin nicht enthalten, da eine monetäre Aussage bezogen auf die Leadgruppe schwer möglich ist. Pauschal wird in der Kalkulation jedoch eine gefahrene Kilometerleistung von 500km pro Woche kalkuliert. Die Kosten für den damit verbundenen Kraftstoffverbrauch richten sich nach der Fahrzeugtype. Bezogen auf die Arbeitsleistung haben die Treibstoffkosten eine untergeordnete Rolle und können somit fürs erste vernachlässigt werden.

Kalkulation auf Basis des innovativen Ansatzes

Für die Erhebung des Einsparungspotentials wird die generische Funktion mit dem Auf- und Abrampen des Drehmomentes beim Moduswechsel zwischen EM und VKM herangezogen. Bei konventioneller Vorgehensweise würde diese Bedatung einer einzelnen Funktion ca. drei Wochen in Anspruch nehmen. Hierfür müsste ein Ingenieur die Kalibrierung direkt (online) im Fahrzeug vornehmen. Eine Kalkulation für diesen Vorgang kann der Tabelle 6.2 entnommen werden.

Beschreibung	Dauer	Dauer [h]	Stundensatz	HSK	Faktor	Sales Preis
Onlinebedatung auf der Teststrecke	3 Wo	120	71 €	8.520 €	1,33	11.332 €
				8.520 €		11.332 €

Tabelle 6.2: Kalkulation des Aufwandes einer Diagnosefunktion mit konventioneller Methode

Diese Onlinekalibrierung verursacht interne Kosten in der Höhe von 8520 Euro. Wird diese einzelne, generische Funktion mit dem innovativem Ansatz der Offlinekalibrierung durchgeführt ergeben sich folgende Aufwendungen (siehe Tabelle 6.3).

Beschreibung	Dauer	Dauer [h]	Stundensatz	HSK	Faktor	Sales Preis
Vorbereitung für Prüfstand	1 Tage	8	71 €	568 €	1,33	755 €
Prüfstandslauf	0,5 Tage	4	360 €	1.440 €	1,33	1.915 €
Mannarbeitszeit am Prüfstand	0,5 Tage	4	71 €	284 €	1,33	378 €
Offlinebedatung am Schreibtisch	1 Wo	40	71 €	2.840 €	1,33	3.777 €
				5.132 €		6.826 €

Tabelle 6.3: Kalkulation des Aufwandes einer Diagnosefunktion mittels des innovativen Ansatzes

Um die Messdaten zu erfassen, ist ein Lauf am Prüfstand notwendig. Für die Vorbereitung des Prüfstandes ist ca. ein halber Tag einzuplanen. Die Dauer der Datenerfassung und der Generierung des mathematischen Fahrzeugmodells ist in weiterer Folge von der Anzahl der Funktionen abhängig. Für diese einzelne Funktion wird ein halber Tag Prüfstandsaufenthalt kalkuliert. Sind die notwendigen Daten erfasst, erfolgt im Büro (offline) eine anschließende Diagnosebedatung mit AVL fOX. Dieser Vorgang kann mit ca. 40 Mannarbeitsstunden angenommen werden.

Für den innovativen Ansatz ergibt sich ein Arbeitsaufwand von 6,5 Arbeitstagen. Im Gegensatz dazu werden bei der konventionellen Methode 15 Arbeitstage benötigt. Dadurch ergibt sich ein Zeiteinsparungspotential von 56,7%. Die Kosten reduzieren sich von 8520 Euro auf 5132 Euro, was einer Einsparung von knapp 40% entspricht.

Einen Überblick des Einsparungspotentials des innovativen Ansatzes zeigt Tabelle 6.4.

	Dauer [Mannarbeitsage]	HSK	Faktor	Sales Preis
Konventionelle Methode	15	8.520 €	1,33	11.332 €
Innovative Methode	6,5	5.132 €	1,33	6.826 €
Einsparung [%]	56,7	39,8	-	39,8

Tabelle 6.4: Einsparungspotential des innovativen Ansatzes

Das anhand der generischen Funktion kalkulierte Potenzial zur Reduzierung der Dauer sowie der Kosten kann auf die einzelnen Projektgrößen nicht linear extrapoliert werden. Je nach Umfang und Aufgabenstellung eines Projektes wird es zu Abweichungen der kalkulierten Einsparungen kommen. Als Anhaltspunkt für das Potenzial der Einsparung entsprechen die erhobenen Zahlenwerte und können für weitere Berechnungen herangezogen werden.

Ein weiteres Einsparungspotenzial, das jedoch nicht exakt ausgedrückt werden kann, ergibt sich durch die verringerte Fahrzeugnutzung. Mit der konventionellen Methode wird das Fahrzeug drei volle Wochen benötigt, während es beim innovativen Ansatz weniger als zwei Tage sind. Durch die geminderte Nutzung kann das Fahrzeug für andere Schritte im Entwicklungsprozess frühzeitig verwendet werden. Dadurch können u.U. Versuchsfahrzeuge eingespart werden. Bedenkt man, dass die Kosten eines Prototypenfahrzeugs zwischen einer halben und einer Million Euro liegen, kann dieses zusätzliche, nicht erfasste Einsparungspotenzial erheblich sein.

Das Business-Model 1, also das Anbieten der Dienstleistung, wird wie erwähnt, die häufigste Form der wirtschaftlichen Verwertung des innovativen Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ sein und den größten Nutzen für die Abteilung DST darstellen. Aus diesem Grund wird im Weiteren eine Wirtschaftlichkeitsrechnung im Rahmen dieser Diplomarbeit nur für das Business Model 1 aus Sicht der AVL durchgeführt.

Aus Kundensicht ist die Auslagerung der Dienstleistung an die AVL in erster Linie für einzelne Projekte interessant. Dies kann auf mangelnder Ressourcen oder unzureichenden Know-hows des Kunden auf diesem Gebiet zurückzuführen sein. Findet diese Methode zur Diagnosekalibrierung bei mehreren Projekten des Kunden

Anwendung, so kann unter Umständen die zweite Alternative für diesen wirtschaftlicher sein.

6.2.2 Business-Model 2 – Produkt

Wie zuvor erwähnt, kann ab einer gewissen Anzahl an Projekten der Kauf der kompletten Methodik für den Kunden sinnvoller sein. Der Kunde ist somit in weiterer Folge in der Lage den Kalibrationsprozess im eigenen Haus zu Selbstkosten durchzuführen. Die dafür benötigten Smart Calibration Tools – CRETA, CAMEO und fOX – werden um DriCon erweitert.

DriCon ist ein System, das exakte und reproduzierbare Fahrmanöver durchführen kann. Die Genauigkeit beim Abfahren von vorgegebenen Manövern, sei es auf der Rolle oder auf der Straße, hängt fast ausschließlich vom Testfahrer ab. Beim wiederholten oder mehrfachen Abfahren derselben Testprozedur werden die Ergebnisse nie exakt die gleichen sein. Durch eine Verbindung zum Motorsteuergerät, dem Fahr- und dem Bremspedal, dem CAN-Bus und dem Wählhebel, ist es DriCon möglich immer wieder die gleichen Ergebnisse, unabhängig von der Anzahl der Fahrmanöver, zu erhalten.²²⁹

Zusätzlich zu der erforderlichen Hardware und unter der Voraussetzung, dass der Kunde im Besitz eines geeigneten Rollenprüfstandes ist, muss noch ein weiterer Aufwand für die Aufstellung, die Inbetriebnahme sowie für ein entsprechendes Training einkalkuliert werden. Weiters bekommt der Kunde Support im Umfang von etwa 300 Mannstunden zur Verfügung gestellt.

Die anfallenden Kosten aus Sicht des Kunden gliedern sich wie folgt.

		Umfang	Preis
Tools			
	AVL CRETA		35.000 €
	AVL CAMEO		75.000 €
	AVL fOX		30.000 €
	DriCon		50.000 €
Inbetriebnahme		2 Wo, 1 MA	7.100 €
Einschulung		2 Wo, 2 MA	14.200 €
Support		300h	21.300 €
			232.600 €

Tabelle 6.5: Aufstellung der Kosten bei Kauf der gesamten Methodik

²²⁹ Vgl. AVL interne Quelle: DriCon and CD application examples

Nach dem absolvierten Training und der Inanspruchnahme des Supports ist der Kunde in der Lage seine Projekte selbständig abzuwickeln. Besteht ein weiterer Bedarf an Unterstützung, können zusätzliche Supportstunden gekauft werden.

6.2.3 Business-Model 3 – Dienstleistung + Produkt

Der dritte Fall kann als Kombination der ersten beiden Fälle gesehen werden. Dieses Modell kann vor allem für Kunden von Interesse sein, bei denen die Applikations- und Kalibrationsprozesse noch nicht exakt definiert sind.

Vor allem junge Unternehmungen oder auch solche, die neu in das Hybridsegment einsteigen und somit noch keinen Workflow, also keine einheitliche Vorgehensweise auf diesem Gebiet haben, wären die Adressaten dieser Alternative. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass diese Kunden im Weiteren die gesamte Methodik kaufen wollen.

Der Workflow würde beim Erstellen der Dienstleistung anhand eines Kundenprojektes mit dem Kunden direkt entwickelt werden. Die Dienstleistung wird, wie im Business-Model 1, bei der AVL durchgeführt. Bei erfolgreicher Abwicklung des Projektes und bei Zufriedenheit des Kunden würde dieser im Anschluss die gesamte Methodik erwerben.

6.3 Statische Finanzplanung

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Wirtschaftlichkeitsrechnung nur für das erste Business-Model angestellt. Eine allgemein gültige Berechnung aus Kundensicht ist nicht möglich, da hier eine Vielzahl an Unbekannten vorliegt. Die Berechnung und somit die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsrechnung sind u.a. von der Art und dem Umfang der Projekte sowie von den Stundensätzen der Ingenieure und der benötigten Facilities (z.B. Rollenprüfstand) abhängig. Da diese Zahlenwerte für Kunden nicht vorliegen und diese auch jeweils unterschiedlich sind, ist eine seriöse Berechnung aus Sicht eines Kunden nicht möglich. Das eruierte Einsparungspotenzial, das in Verbindung mit den Projektkalkulationen die Basis für diese Berechnung darstellt, hat jedoch Gültigkeit für alle drei Business-Models.

Die Berechnungen in diesem Kapitel, die als Ergebnis wichtige Kennzahlen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieses innovativen Ansatzes liefern, erfolgt zum einen mittels einer Return on Investment - Rechnung und andererseits mit einer Break-Even-

Analyse. Vor der Berechnung an sich folgt ein kurzer Überblick über die beiden Kennzahlenmethoden.

6.3.1 Break-Even-Analyse

Die Break-Even-Analyse ist eine Methode, bei der jene Absatzmenge bestimmt wird, bei der der realisierte Gesamtumsatz die Gesamtkosten gerade deckt. Ab dem Überschreiten dieser entscheidenden Absatzmenge wird ein Gewinn erzielt. Der Punkt, an dem die Gesamtkosten gerade vom Umsatz gedeckt werden, wird Break-Even-Point (BEP) genannt. Unter diesem Punkt befindet man sich in der Verlustzone, darüber in der Gewinnzone.²³⁰ Die Fragestellung, die sich mit der Break-Even-Analyse beantworten lässt, speziell bezogen auf den in dieser Arbeit behandelten Fall lautet: Wie viele Projekte müssen mit diesem innovativem Ansatz abgearbeitet werden, um die Fixkosten bzw. die Investitionskosten zu decken?

Die Break-Even-Analyse kann auch grafisch dargestellt werden, siehe Abbildung 6-14. Hier wird der Zusammenhang von Erlös und Kosten in Abhängigkeit der Stückmenge verdeutlicht²³¹.

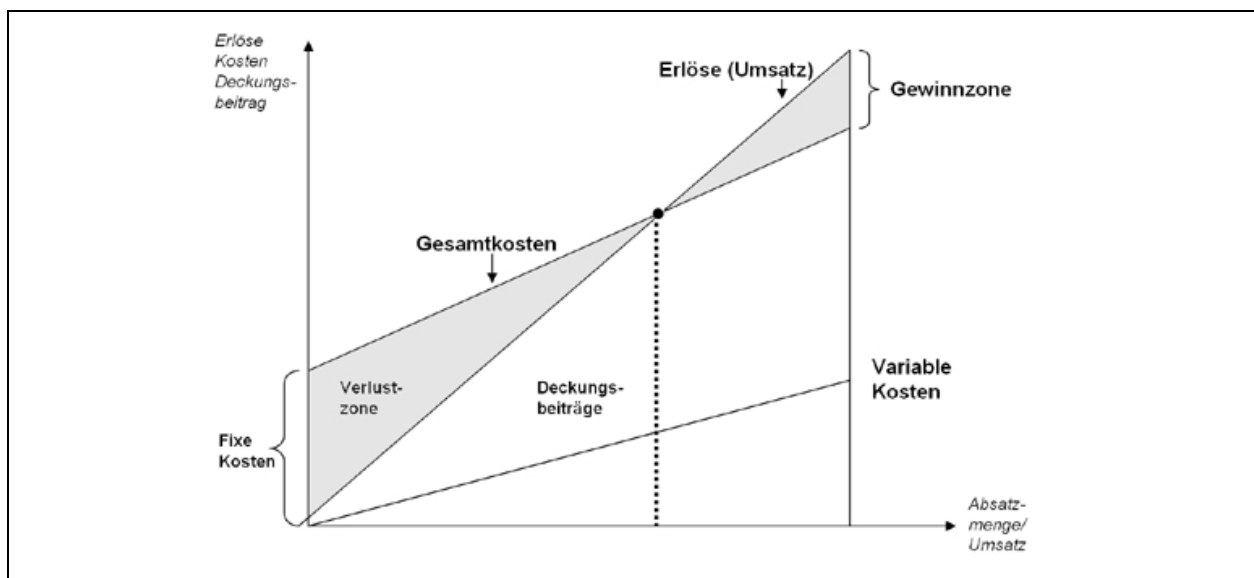


Abbildung 6-14: Break-Even-Analyse²³²

²³⁰ Vgl. wirtschaftslexikon24, Zugriffsdatum: 15.06.2012

²³¹ Vgl. Schweitzer, M.; Troßmann, E. (1998) S. 25ff

²³² Eigene Darstellung

Auf der Abszisse ist die Menge aufgetragen und auf der Ordinate der Umsatz bzw. die Kosten. Die aufgespannt Dreiecksfläche rechts neben dem BEP, zwischen den Erlösen und den Gesamtkosten ist ein Maß für den erwirtschafteten Gewinn.

Break-Even-Analyse aus Sicht der AVL für das Business-Model 1

Um den BEP konkret für diesen innovativen Ansatz zu ermitteln, sind wie oben beschrieben, zwei Größen erforderlich: die Höhe der gesamten Fixkosten und der Deckungsbeitrag pro erbrachter Dienstleistung.

Der Deckungsbeitrag pro Dienstleistung ist wiederum davon abhängig, wie viel der Kosteneinsparung, die diese Methode mit sich bringt auch tatsächlich an den Kunden weitergegeben wird. Die auftretenden Fixkosten setzen sich lediglich aus den zu Beginn notwendigen Investitionskosten zusammen.

- **Ermittlung des Deckungsbeitrags db**

Die Einsparung für den innovativen Ansatz, bezogen auf die Kosten beträgt laut Einschätzung aus Kapitel 6.2.1 39,8%. Die Höhe des Deckungsbeitrags ist einerseits von der Projektgröße und andererseits davon abhängig ob und in welcher Höhe die Kosteneinsparung an den Dienstleistungsnehmer weitergegeben wird. Ausgangsbasis sind die aus der Angebotslegung stammenden Kalkulationen auf Basis der bis dato verwendeten konventionellen Methode, siehe Tabelle 6.6.

Projektgröße	Arbeitsumfang	Anzahl MA	Dauer	Auslastung [%]	Std.Satz	Menge [h]	HSK	Sales-Faktor	Sales-Preis
Klein	Variantenkalibrierung	1	3,5 Wo	100	71 €	140	9.940 €	1,33	13.220 €
Mittel	neue Komponente	1	18 Wo	100	71 €	720	51.120 €	1,33	67.990 €
Groß	Leadvariante	1,2	23 Mo	80	71 €	3532,8	250.829 €	1,33	333.602 €

Tabelle 6.6: Projektkalkulation auf Basis der konventionellen Methode²³³

Die variablen Kosten eines Projektes entsprechen den Mitarbeiterkosten und sind in der Tabelle unter HSK – Herstellkosten – angeführt. Wird das volle Einsparungspotential an den Kunden weitergegeben, ist lediglich der Sales-Faktor das Maß für den Deckungsbeitrag. Dieser entspricht bei einer kleinen Projektgröße 3260 Euro. Wird hingegen das kalkulierte Kosteneinsparungspotential von 39,8% von der AVL voll einbehalten und die Dienstleistung zu Preisen der konventionellen Methode angeboten, so ergibt sich am Beispiel eines kleinen Projektes folgender Deckungsbeitrag:

²³³ Eigene Darstellung

Kleines Projekt		
HSK = 9940 €	Sales-Preis = 13.220 €	$db_{alt} = 13.220 - 9940 = 3280 \text{ €}$
Kosteneinsparung: 39,8%		
HSK _{neu} = 9940 * (1 - 0,398) = 5984 €		
$db_{neu} = 13.220 - 5984 = 7236 \text{ €}$		
$Sales-Faktor_{neu} = 7236 / 3280 = 2,21$		

Die neuen Herstellkosten belaufen sich auf 5.984 Euro. Bei Einbehalten des Kostenvorteils erhöht sich der Deckungsbeitrag von 3.260 Euro auf 7.216 Euro. Somit steigt der Sales-Faktor von 33% auf 121% an.

Einen Überblick der einzelnen Deckungsbeiträge verschafft Tabelle 6.7.

Projektgröße	Konventioneller Ansatz				Volle Weitergabe des Kostenvorteils				Einbehaltung des Kostenvorteils			
	HSK	Sales-Faktor	Sales-Preis	db	HSK	Sales-Faktor	Sales-Preis	db	HSK	Sales-Faktor	Sales-Preis	db
Klein	9.940 €	1,33	13.220 €	3.280 €	5.984 €	1,33	7.959 €	1.975 €	5.984 €	2,21	13.220 €	7.236 €
Mittel	51.120 €	1,33	67.990 €	16.870 €	30.774 €	1,33	67.990 €	37.216 €	30.774 €	2,21	67.990 €	37.216 €
Groß	250.829 €	1,33	333.603 €	82.774 €	150.999 €	1,33	200.829 €	49.830 €	150.999 €	2,21	333.603 €	182.604 €

Tabelle 6.7: Deckungsbeitrag in Abhängigkeit der Projektgröße²³⁴

Wie in Tabelle 6.8 ersichtlich ist, ergeben sich unterschiedliche Deckungsbeiträge sowohl in Abhängigkeit der Projektgröße und der strategischen Verkaufspreisgestaltung. Das Anbieten der Dienstleistung wird aktuell auch von der AVL auf konventionelle Weise vorgenommen und an den Kunden geleistet. Aus diesem Grund könnte man diese Leistung trotz innovativen Ansatzes und damit verbundenen Kostenvorteilen zu denselben Preisen wie bei der konventionellen Methode anbieten, da der Kunde diese Kosten akzeptiert. Wird jedoch der volle Kostenvorteil dem Kunden weitergegeben sinkt der Deckungsbeitrag pro Dienstleistung deutlich. Dies wirkt auf den ersten Blick negativ. Man darf jedoch nicht vergessen, dass der innovative Ansatz ebenfalls eine Zeitersparnis von über 50% mit sich bringt. Dadurch ist es theoretisch möglich mit derselben Anzahl an Mitarbeiterressourcen in der gleichen Zeit doppelt so viele Projekte als mit konventioneller Methode zu erledigen. Bezogen auf die Zeit wäre der Gesamtdeckungsbeitrag trotz voller Weitergabe des Kostenvorteils im Endeffekt höher als bei aktueller Abwicklung.

- **Ermittlung der Investitionskosten**

In diesem speziellen Fall bilden die Investitionskosten die einzigen Fixkosten K_f , die einmalig anfallen. Die Toolkette von AVL-Smart-Calibration ist eine integrierte und

²³⁴ Eigene Darstellung

offene Toolplattform, die dem Anwender ausreichend Freiheiten lässt, die für die Lösung seiner Aufgaben notwendig sind. Der Workflow im Bereich Diagnose existiert bereits und ist etabliert. Aus diesem Grund setzen sich die Investitionskosten mehr oder weniger lediglich aus einem Schulungsaufwand zusammen. Im Rahmen der Einführung und Schulung in die benötigten Tools, wird der erforderliche Workflow in diese Arbeitsumgebung eingepflegt. Die Software sowie die dazugehörigen Lizenzen verursachen intern keine weiteren Kosten.

Der Schulungsaufwand wird eine Dauer von zwei Wochen und 3 Kalibrations-Ingenieure der Abteilung DST in Anspruch nehmen. Die sich mit der Schulung ergebenden Kosten sind Tabelle 6.8 zu entnehmen.

Dauer [Wo]	Arbeitszeit [h/Wo]	Anzahl der Mitarbeiter	Stundensatz [€/MA]	Schulungskosten [€]
2	40	3	71	17040

Tabelle 6.8: Höhe der Investitionskosten

Die sich für diesen innovativen Ansatz ergebenden Investitionskosten belaufen sich somit auf 17.040 Euro. Die Mitarbeiter können für die Dauer der Schulung nicht wertschöpfend tätig sein. Der Aufwand hierfür kann also nicht durch ein laufendes Projekt gedeckt wird (Projektorganisation) und muss somit von einer Kostenstelle bzw. dem F&E-Budget gedeckt werden.

- **Break-Even-Point**

Der BEP errechnet sich, wie in Glg. 5.3.8 dargestellt aus dem Stückdeckungsbeitrag db bezogen auf die Fixkosten K_f . Die Fixkosten, die zugleich die Investitionskosten sind, belaufen sich auf 17.040 Euro. Der Deckungsbeitrag bewegt sich wie in Tabelle 6.7 angeführt zwischen 1.975 und 182.604 Euro. Da die Investitionskosten ab einer mittleren Projektgröße bereits ab dem ersten Projekt gedeckt wären, wird im Weiteren nur der Break-Even bei kleiner Projektgröße betrachtet. Hier muss jedenfalls differenziert werden, ob der Kostenvorteil an den Auftraggeber weitergegeben wird oder nicht, siehe Tabelle 6.9.

Projektgröße		Investitionskosten [€]	Stückdeckungsbeitrag db [€]	BEP [Anzahl an Projekten]
Klein	Bei voller Weitergabe des Kostenvorteils	17.040	1975	8,63
Klein	Bei Inbehaltung des Kostenvorteils		7216	2,36

Tabelle 6.9: Break-Even-Point²³⁵

Der BEP verhält sich ebenfalls in Relation der beiden Deckungsbeiträge. Bei voller Weitergabe des Kostenvorteils an den Kunden wird ab dem neunten kleinen Projekt das erste Mal ein Gewinn erwirtschaftet. Im Gegensatz dazu wird beim Einbehalten des finanziellen Einsparungspotentials die Gewinnschwelle bereits ab dem dritten Projekt erreicht.

In Abbildung 6-15 ist das Ergebnis der Break-Even-Analyse inklusive dem Break-Even-Point grafisch dargestellt.

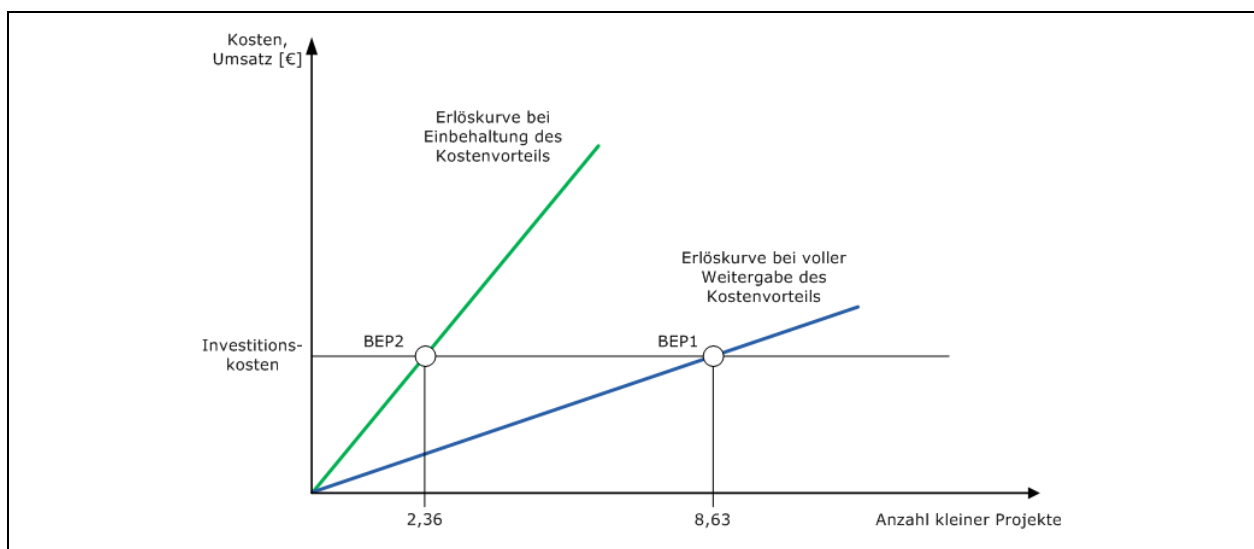


Abbildung 6-15: Break-Even-Analyse²³⁶

Die Fixkosten sind über die Anzahl der abgearbeiteten Projekte konstant und entsprechen den Investitionskosten. Die Erlöskurve, die sich aus dem Deckungsbeitrag pro Projekt mal der Anzahl der Projekte ergibt, schneidet die Gesamtkostenkurve je nach Preispolitik bei 2,36 bzw. 8,63 abgearbeiteten Projekten.

²³⁵ Eigene Darstellung

²³⁶ Eigene Darstellung

6.3.2 Return on Investment

Der Return on Investment, kurz auch ROI genannt, bezeichnet eine Gesamtrentabilitätskennzahl, die das Verhältnis zwischen Bruttogewinn und gebundenem Kapital darstellt (Bruttomethode).²³⁷ Der Return on Investment ist eine Kennzahl, die die Ertragskraft einer Investition beurteilt.²³⁸

Grundlage und Vorgehensweise zur Ermittlung des ROI

Der Return on Investment kann unterschiedliche Ausprägungsformen besitzen und ebenso unterschiedlich definiert werden.²³⁹ In unserem Fall beschränken wir uns jedoch auf die Bruttomethode, die den ROI als das Verhältnis des Bruttogewinns bezogen auf das gebundene Kapital darstellt:²⁴⁰

$$ROI = \frac{\text{Ergebnis nach Steuern} + \text{Zinsaufwand (nach Ertragsteuern)}}{\text{Gesamtkapital}} \quad (\text{Glg. 6.9})$$

Der Bruttogewinn setzt sich aus dem Gewinn zuzüglich des Zinsaufwandes zusammen. Wie das Gesamtkapital definiert ist, ist dabei abhängig davon worauf der ROI bezogen wird.²⁴¹ Für den in dieser Arbeit behandelten Fall, bei dem nur die einzelne Investition bewertet wird, setzt sich der ROI wie folgt zusammen:

$$ROI = \frac{\text{Gewinnanteil}}{\text{Kapitaleinsatz}} \quad (\text{Glg. 6.10})$$

Dieses Ergebnis, bezogen auf eine Einzelinvestition, gibt die Höhe der Rückflüsse in Prozent und jener Einheit, auf die der Gewinnanteil bezogen wird, an. Das Resultat aus dieser Rechnung ist ein Maß für die Höhe der Kapitalrückflüsse sowie im weiteren Sinn für die Amortisationsdauer.

Return on Investment aus Sicht der AVL für das Business-Model 1

Wie aus der Berechnung des Brake-Even-Points bekannt ist, wird eine Ermittlung des ROI nur für den Umfang eines kleinen Projektes vorgenommen. Aufgrund der geringen

²³⁷ Vgl. Ewert, Wagenhofer (2008) S. 528

²³⁸ Vgl. Groll (2003) S. 1

²³⁹ Vgl. Groll (2003) S. 17

²⁴⁰ Vgl. Ewert, Wagenhofer (2008) S. 528

²⁴¹ Vgl. Ewert, Wagenhofer (2008) S. 528

Investitionskosten liegt der ROI bei den anderen beiden Projektumfängen bereits nach einem erfolgreich absolvierten Kundenauftrag über 100%.

Die Kennzahl ist ebenfalls auch hier wieder von der Preispolitik abhängig (siehe Tabelle 6.10).

Projektgröße		Stückdeckungsbeitrag db	Investitionskosten	ROI [%]
Klein	Bei voller Weitergabe des Kostenvorteils	1.975 €	17.040 €	11,6
Klein	Bei Einbehaltung des Kostenvorteils	7.236 €		42,5

Tabelle 6.10: Return on Investment

Die Investitionskosten entsprechen dem zuvor erwähnten Kapitaleinsatz. Im Gegenzug dazu handelt es sich bei den Stückdeckungsbeiträgen um den Gewinnanteil pro Projekt. Das Ergebnis der ROI-Rechnung liegt, in Abhängigkeit der Weitergabe des Kostenvorteils, zwischen 11,6% und 42,5%. Ein Wert von 11,6% sagt somit aus, dass pro abgewickelter Projekt 11,6% des investierten Kapitals zurückfließen. D.h. dividiert man 100 durch 11,6% erhält man 8,62. Dies ist die Anzahl der Projekte, die beauftragt werden müssen, um bei voller Weitergabe des Kostenvorteils die Investitionskosten zu decken, um im Anschluss einen tatsächlichen Gewinn zu erwirtschaften. Diese Projektanzahl entspricht auch jener aus der Break-Even-Point Rechnung.

6.3.3 Zusammenfassung der Kennzahlen

Rückblickend sei jedoch hervorgehoben, dass trotz verhältnismäßig geringer Investitionskosten und der damit verbundenen niedrigen Innovationshöhe, das Einsparungspotential sowie die Möglichkeiten für die Abteilung sehr groß sind.

Aus ökonomischer Sicht und im langfristigen Interesse der Abteilung ist die Innovationshöhe zweitrangig. Es sei jedoch noch einmal verdeutlicht, dass die Basis auf der die behandelten innovativen Ansätze aufbauen sehr wohl eine entsprechende Innovationshöhe und ebenfalls Patentfähigkeit bzw. Patentschutz aufweisen. AVL-intern fallen für die Verwendung dieser Innovationen, die für die Ansätze unerlässlich sind, keine Mehrkosten aus Sicht der Abteilung an. Aus diesem Grund sind die notwendigen Realisierungskosten sehr gering. Würde die Abteilung die Basistools erst zukaufen müssen bzw. würde ein Kunde diesen innovativen Ansatz verfolgen, wären die notwendigen Investitionskosten um etliches höher, siehe Kapitel 6.2.2 Business-Model 2.

6.4 Chancen & Risiken

Die mit diesem Ansatz in Verbindung stehenden Chancen und Risiken werden in folgendem Abschnitt komprimiert dargestellt. Der Vollständigkeit halber geschieht dies im Rahmen einer SWOT-Analyse, mit der zusätzlich zu den Chancen und Risiken ebenfalls die Stärken und Schwächen dieser Methode aus interner (AVL) Sicht angeführt werden (siehe Abbildung 6-16).

Intern	Extern
Stärken <ul style="list-style-type: none"> • Hochqualifizierte MA mit breitem Wissensspektrum innerhalb der AVL • Geringer Entwicklungsaufwand des Ansatzes da die verwendeten Tools & Methoden bereits vorhanden sind und kein Adaptionaufwand geleistet werden muss • Hohes Einsparungspotential und einfache Anwendung • Erweiterbarkeit auf andere Bereiche und Anwendungen • Patentrechtlich geschützte Tools erschweren die Imitation • Hohe Innovationsbereitschaft der AVL • Gute Beziehungen zu potentiellen Zielkunden 	Chancen <ul style="list-style-type: none"> • Umsatz und Marktanteil von Hybridfahrzeugen steigt stärker als prognostiziert • Weiter steigende Komplexität und mehrdimensionale Abhängigkeiten der Komponenten von zukünftigen Antriebssystemen • Strengere zukünftige Diagnose/OBD Funktionalitäten und Anforderungen die mit konventionellen Methoden nur mit noch höherem Aufwand lösbar wären und somit den innovativen Ansatz weiter fördern • Erschließen neuer Kunden aufgrund der Vorteilhaftigkeit des innovativen Ansatzes.
Schwächen <ul style="list-style-type: none"> • Zu wenig Fachpersonal mit dem nötigen Know-how innerhalb der Abteilung • Die Erfahrung mit AVL FOX innerhalb der Abteilung DST ist gering 	Risiken <ul style="list-style-type: none"> • Aufkommende Imitatoren deren Lösungsansätze evtl. noch größeres Einsparungspotential liefert • Potentielle Kunden erkennen das Potential dieses Ansatzes nicht oder erachten es als nicht notwendig oder glaubhaft • Die Hybridisierung geht stark zurück oder wird durch eine andere Technologie ersetzt • Umsetzung könnte ggf. mehr Aufwand erfordern • Das kalkulierte Einsparungspotential könnte evtl. nicht erreicht werden

Abbildung 6-16: SWOT Analyse des innovativen Ansatz „Diagnose“²⁴²

Einflüsse, die vom Umfeld positiv auf den innovativen Ansatz wirken, ist zum Beispiel die Entwicklung des Hybridmarktes und die Prognosen darüber. Steigende Komplexität unter den Antriebsstrangkomponenten und höhere Anforderungen an die Diagnosefunktionen können durch den innovativen Ansatz der AVL relativiert werden und so einen enormen Nutzen für den Kunden darstellen. Den Chancen stehen Risiken gegenüber, die sich z.B. aus Imitations- oder Substitutionsprodukten ergeben. Ein totaler Rückgang der Hybridisierung würde hier den größten Risikofaktor darstellen.

Aus den finanziellen Aufwendungen, die für die Umsetzung dieses innovativen Ansatzes notwendig sind, können in Verbindung mit den Chancen und Risiken verschiedenen Szenarien durchgespielt werden. Daraus lassen sich dann mögliche

²⁴² Eigene Darstellung

zukünftige Entwicklungen ableiten um so die herrschende Ungewissheit einzugrenzen und berechenbar zu machen.

Wie aus Kapitel 2.4.3 bekannt ist, ist es üblich drei bis fünf mögliche Szenarien ins Auge zu fassen. Die beiden Entwicklungen, Best-Case und Worst-Case, begrenzen den prognostizierten Rahmen nach oben und unten. In erster Linie ist es wichtig die Gefahren zu minimieren und zumindest die entstandenen Aufwände zu amortisieren. Geht man vom schlechtesten Fall aus, dass alle Bemühungen in Verbindung mit diesem innovativen Ansatz vergebens waren, aus welchen Gründen auch immer, dann kann der entstehende Schaden mit einer Höhe von unter zwanzigtausend Euro quantifiziert werden. Dieser Verlust entspricht den Investitionskosten. Abgesehen davon, dass diese, wie schon mehrmals erwähnt, recht gering sind, amortisieren sie sich nach spätestens neun kleinen Projekten.

Das Risiko wird also als sehr gering angesehen. In Kombination mit der kurzen Amortisationsdauer wird auf detaillierte Szenarien verzichtet. Eine prognostizierte Entwicklung in die Zukunft ist dann im Anschluss, im Falle einer Ideenrealisierung und Ausarbeitung eines Business-Plans, durchzuführen.

6.5 Kundennutzen

Den Vorteil, den ein Kunde aus dem innovativen Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ in erster Linie erzielt, ist eine Verkürzung der Entwicklungsdauer von Diagnosefunktionen von über 50 Prozent. Darüber hinaus kann die Abteilung dieselbe Dienstleistung, die auf konventionellem Wege durchgeführt wird, mit dem innovativen Ansatz um ca. 40 Prozent günstiger anbieten. Da in der Automobilindustrie der Preis ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung eines Fahrzeuges ist²⁴³, kann dieses Einsparungspotenzial ein großer Vorteil für den Kunden und die AVL sein. Jedoch führt nicht nur die Kosteneinsparung, sondern auch die verkürzte Entwicklungsdauer zu finanziellen Vorteilen aus Sicht des Kunden. Aufgrund des zeitlichen Einsparungspotentials kann der SOP früher erfolgen und somit der Marktstart vorgezogen werden. Ganz nach dem Motto „First to the market is first to the money“ können die neu entwickelten Fahrzeuge vorzeitig Rückflüsse der Investitionen durch einen frühen Verkauf generieren. Ein weiteres Einsparungspotenzial, das monetär schwer ausdrückbar ist, sind die Kosten, die sich unter Umständen durch die Reduktion

²⁴³ Vgl. Aussage Wolf, S. (10.01.2011)

von Versuchsfahrzeugen und Prototypen ergeben. Da durch den innovativen Ansatz der AVL für die Offlinekalibrierung von Diagnosefunktionen bei Hybridfahrzeugen der Großteil der Entwicklungsarbeit am Schreibtisch, also außerhalb des Fahrzeuges stattfindet, wird die Nutzung des Fahrzeuges minimiert. Aufgrund der Tatsache, dass speziell bei großen Projekten unterschiedliche Abteilungen gleichzeitig am Fahrzeug bzw. an mehreren Fahrzeugen arbeiten, können durch die verminderte Fahrzeuginanspruchnahme u.U. Prototypen eingespart werden. Wenn man bedenkt, dass ein Prototyp zwischen € 500.000 und € 1.000.000 kostet²⁴⁴, kann das Einsparungspotential hier ebenfalls erheblich sein.

Nachfolgend werden die Kundennutzen noch einmal zusammengefasst:

Kundennutzen:

- Reduktion der Entwicklungsdauer um über 50%
- Dadurch frühzeitiger SOP
- Reduktion der Entwicklungskosten um ca. 40%
- Verminderte Inanspruchnahme von Versuchsfahrzeugen und Prototypen durch Offlinekalibrierung
- Dadurch kann die erforderliche Anzahl an Prototypen im Entwicklungsprozess reduziert werden

Die hier dargestellten Vorteile, die sich für den Kunden ergeben, sind unabhängig von den verschiedenen Business-Models und somit allgemein gültig.

²⁴⁴ Vgl. AVL interne Quelle: DriCon and CD application examples

6.6 Handlungsempfehlung

Eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des innovativen Ansatzes „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ ist eine positive Entwicklung des Hybridmarktes. In den kommenden fünf Jahren ist laut aktuellen Prognosen eine starke Vergrößerung dieses Fahrzeugsegmentes zu erwarten. Potentielle Kunden dieses AVL-Ansatzes sind sowohl Automobilhersteller, vor allem in Europa, Nordamerika und China, als auch die Zulieferindustrie von Antriebsstrangkomponenten. Aufgrund erfolgreich abgewickelter anderer Projekte bestehen bereits gute Beziehungen zu vielen der im Business-Case definierten Zielkunden. Dies gilt als klarer Vorteil für diesen Ansatz. Die innovative Methode kann auf zwei Arten wirtschaftlich verwertet werden. Zum einen wird der Ansatz verwendet, um im Rahmen einer Dienstleistung Kundenprojekte innerhalb der AVL abzuwickeln, zum anderen besteht die Möglichkeit, dass der Kunde diese Methode inkl. der gesamten Toolkette kauft, um seine Projekte selbständig durchzuführen. Aufgrund dieser Umstände ergeben sich auch zweierlei Konkurrenzarten. Einerseits sind dies konkurrierende Engineering-Dienstleister und andererseits die am Markt befindlichen Tools und Programme, mit denen dieselben Ergebnisse wie mit dem innovativen Ansatz der AVL erzielbar sind. In beiden Fällen gilt die FEV GmbH als Hauptkonkurrenz der AVL. Die wesentlichen Merkmale der AVL-Methode spiegeln zugleich den sich ergebenden Kundennutzen wider. Bei Verwendung des Ansatzes „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ reduziert sich die Dauer für eine Diagnosekalibrierung im Verhältnis zu einer konventionellen Methode um über 55 Prozent. Durch die verkürzte Zeitspanne ergibt sich eine Reduktion der Herstellkosten um annähernd 40 Prozent. Neben dem Einsparungspotential sind die mit dem innovativen Ansatz verbundenen Kennzahlen von entscheidender Wichtigkeit. Beim Anbieten der Dienstleistung und in Abhängigkeit dessen, ob sich die verminderten Herstellkosten voll oder gar nicht im Verkaufspreis widerspiegeln, ergibt sich für einen kleinen Projektumfang ein Break-Even-Point von 8,63 bzw. 2,35 abgewickelten Kundenprojekten. Ein entsprechender Return on Investment liegt bei 11,6 bzw. 42,3 Prozent.

Mit der Zusammenfassung der einzelnen Punkte dieses Business-Case kann eine klare Handlungsempfehlung an die AVL abgegeben werden: Aufgrund der positiven Marktentwicklung des Hybridfahrzeugsektors, des hohen Einsparungspotential und den guten Kennzahlen sollte der innovative Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ bis zur Marktreife entwickelt werden. Für eine Umsetzung wird weiters empfohlen, eine entsprechende Ablaufplanung, z.B. im Rahmen eines Business-Plans zu erstellen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangssituation dieser Arbeit sind drei unterschiedliche innovative Ansätze, die für einen Einsatz in der Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung der AVL List GmbH in Frage kommen könnten. Die Ansätze werden im Folgenden bewertet, um ihr Potential für eine Realisierung festzustellen. Ziel ist es, Potentiale von neuen Methoden in einer frühen Phase der Entwicklung aufzuzeigen und objektiv darzustellen. Hierfür sind Bewertungskriterien zu erarbeiten, die für die gegebenen als auch für alle zukünftigen innovativen Ansätze Gültigkeit haben. Aus diesem Grund müssen diese Kriterien allgemein und nachvollziehbar sein. Im Rahmen dieser Arbeit soll überdies ein Leitfaden erstellt werden, wie innovative Methoden der AVL in Zukunft einer wirtschaftlichen und technologischen Analyse unterzogen werden können. Die in weitere Folge dargestellte Zusammenfassung der Vorgehensweise entspricht ebenfalls jener Vorgehensweise für zukünftige Ansätze und gilt somit als Leitfaden.

Um die Aufgabenstellung zu erfüllen, werden, anhand der gegebenen innovativen Ansätze, Bewertungskriterien definiert und im Anschluss auf diese Ansätze angewandt. Zuvor werden die drei Ansätze – Modellbasierte Betriebsstrategie, Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid und Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer bzw. -reichweite – einer technologischen Analyse unterzogen. Hier wird pro Ansatz die Grundlage, auf der die jeweilige Methode beruht, betrachtet, um im Anschluss auf die aktuelle Problemstellung eingehen zu können. Weiters ist die konventionelle Methode zum Lösen der Problemstellung zu eruieren, um im Gegensatz dazu die Eigenschaften und Vorteile der AVL-Methode darzustellen.

Basierend auf dieser technologischen Erhebung erfolgt die Bewertung. Die zu analysierenden Ansätze werden hierfür in einem Portfolio eingeordnet. In diesem Portfolio sind der Nutzwert jedes Ansatzes und die für eine Realisierung erforderlichen Investitionskosten gegenübergestellt. Der Nutzwert wird mittels einer Nutzwertanalyse mit folgenden Bewertungskriterien ermittelt:

- Marktpotential
- Entwicklungsdauer
- Komplexität
- Verfügbare Personalressourcen
- Einsparungspotential
- Innovationsgrad
- Erweiterbarkeit auf andere Bereiche

- Kombinationsmöglichkeit mit anderen AVL-Tools
- Leistungsumfang

Eine genaue Beschreibung der Bewertungskriterien ist Tabelle 5.1 bzw. Kapitel 5.2 zu entnehmen. Die Bewertung soll von mehreren Personen, die mit dem jeweiligen Themengebiet vertraut sind, durchgeführt werden. Von jedem Beurteiler werden Gewichtungsfaktoren mittels eines paarweisen Vergleichs individuell definiert. Bei der Vergabe der Zielerreichungsfaktoren sollen aus Gründen der Objektivität die Gewichtungsfaktoren allerdings unbekannt sein. Aus allen durchgeführten Nutzwertanalysen wird im Anschluss der Mittelwert pro Ansatz gebildet. Neben der Ermittlung des Nutzwertes sind die jeweiligen Investitionskosten, die für eine Realisierung des einzelnen innovativen Ansatzes anfallen würden, von entsprechenden Fachexperten zu kalkulieren. Sind die beiden Zahlenwerte – Nutzwert und Investitionskosten – jedes Ansatzes bekannt, können diese im Portfolio eingetragen werden. Auf der Ordinate wird der Nutzwert und auf der Abszisse werden die Investitionskosten aufgetragen. Sind alle zu analysierenden innovativen Ansätze im Portfolio vorhanden, können die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Für jenen Ansatz, der das beste Ergebnis aus Nutzwert und Investitionskosten besitzt, wird empfohlen, diesen einer detaillierten wirtschaftlichen Analyse zu unterziehen. Diese wirtschaftliche Bewertung findet im Rahmen eines Business-Cases statt. Diese Ausarbeitung beinhaltet folgende Themen

- Absatzmärkte
 - Entwicklung der Hybridbranche
 - Zielkunden
 - Wettbewerb
- Business-Models
 - Dienstleistung
 - Produkt
 - Dienstleistung + Produkt
- Statische Finanzplanung
 - Break-Even-Analyse
 - Return on Investment
- Chancen & Risiken
- Kundennutzen

und dient als Entscheidungsgrundlage für die zuständige Instanz, ob jener Ansatz tatsächlich bis zur Marktreife entwickelt wird oder nicht. Die Erstellung eines Business-Case kann Kapitel 6 entnommen werden.

Eine dem Leitfaden entsprechende Vorgehensweise ist in Abbildung 7-1 dargestellt.

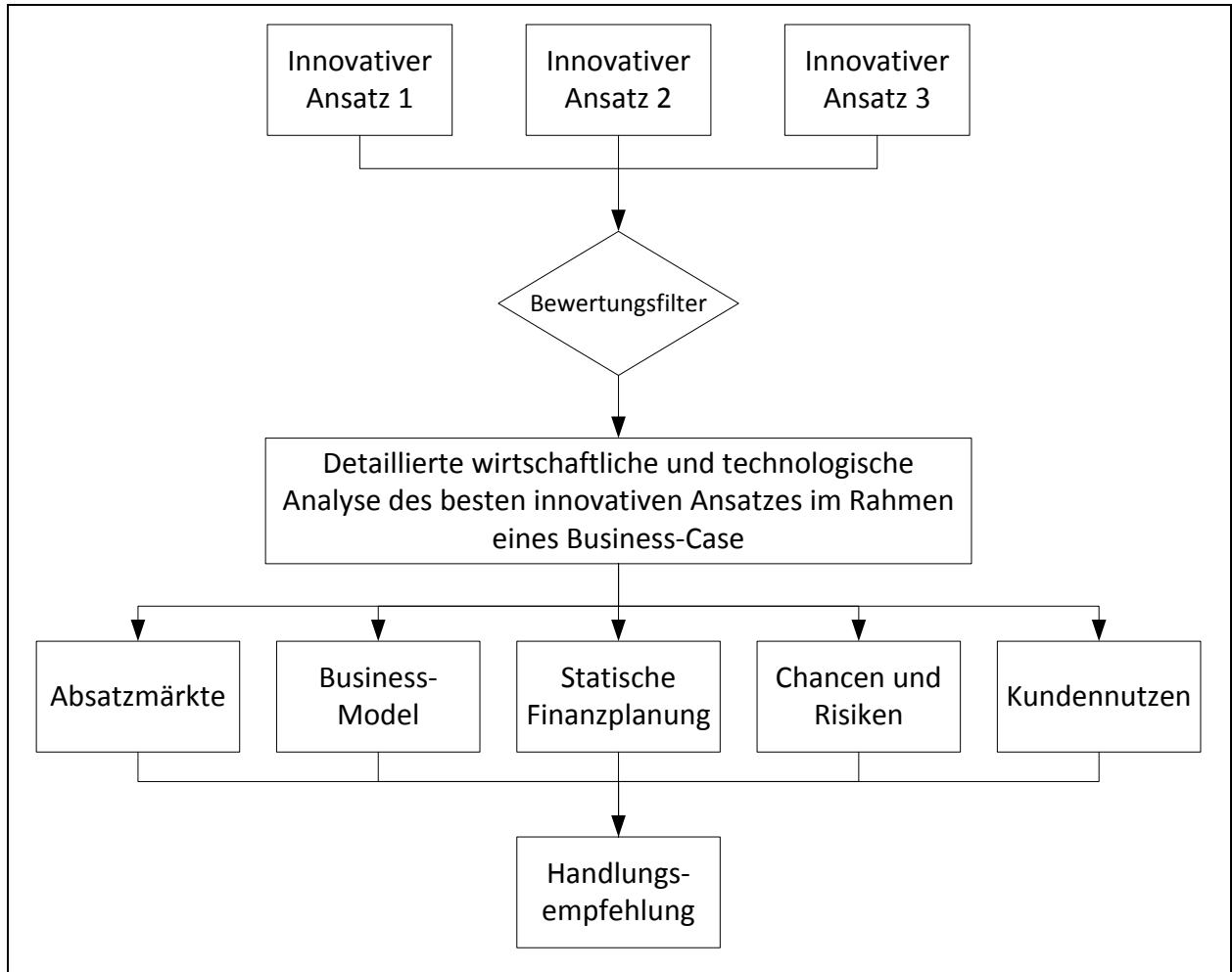


Abbildung 7-1: Vorgehensweise einer wirtschaftlichen und technologischen Analyse von innovativen Ansätzen

Wird die Entscheidung zur Realisierung eines innovativen Ansatzes gefällt, empfiehlt es sich für die weitere Vorgehensweise eine entsprechende Umsetzungsplanung, z.B. in Form eines Business-Plans, vorzunehmen.

Bezogen auf die drei gegebenen innovativen Ansätze ergab sich für den Ansatz „Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid“ der höchste Nutzwert und zugleich die geringsten Investitionskosten. Aus diesem Grund wurde hierfür eine Business-Case erarbeitet und eine Empfehlung zur Realisierung ausgesprochen. Alle drei gegebenen innovativen Methoden liegen im Portfolio eng beisammen. Vor allem der ähnlich hohe Nutzwert der drei Ansätze zeigt, dass alle diese Ansätze ein hohes Potential besitzen. Aus diesem Grund wird empfohlen, einen Business-Case für die anderen beiden Ansätze,

„Modellbasierte Betriebsstrategie“ und „Methodik zur Erhöhung der Batterielebensdauer bzw. –reichweite“, zu erarbeiten.

Durch diese systematische Vorgehensweise, und unter Berücksichtigung von monetären und nicht-monetären bzw. quantitativen und qualitativen Einflussfaktoren, ist es möglich das Potential eines innovativen Ansatzes objektiv und nachvollziehbar darzustellen sowie mit belastbaren Ergebnissen zu untermauern. Aus diesem Grund wird empfohlen alle zukünftigen innovativen Ansätze aus dem Bereich der Getriebe- und Hybridkalibrierung nach diesem Schema zu analysieren und zu bewerten.

Literaturverzeichnis

- Bea, F. X.; Haas, J. (1997). *Strategische Management*. Tübingen: Lucius & Lucius.
- Behr, U. (01/2009). Energiemanagement für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. *ATZelektronik*, 20ff.
- Bernotat, J.; Stein, J. (2/2007). 10 Tipps & Tricks zum Business Case. *Projekt Management*, 43-47.
- Brockhoff, K. (1999). *Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle*. München: Oldenbourg.
- Bruhn, M. (1999). *Marketing - Grundlagen für Studium und Praxis*. Basel: Gabler.
- Cooper, R. G. (1996). Overhauling the new product process. *Industrial Marketing Management*, Jg. 25 (6), 465-482.
- Cooper, R. G. (2010). *Top oder Flop in der Produktentwicklung*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Cooper, R. G.; Kleinschmidt, E. J. (1990). *New Products: The Key Factors in Success*. Chicago: American Marketing Association.
- Ewert, R.; Wagenhofer, A. (2008). *Interne Unternehmensrechnung*. Frankfurt am Main, Graz: Springer.
- Geschka, H.; Hammer, R. (1992). Die Szenario Technik in der Unternehmensplanung. In Hahn, T. D. B. (Hrsg.), *Strategische Unternehmensführung* (S. 311-336). Heidelberg.
- Groll, K.-H. (2003). *Kennzahlen für das wertorientierte Management*. München-Wien: Hanser.
- Gschweidl, K.; et al. (2001). Steigerung der Effizienz in der modellbasierten Motorenapplikation durch die neue CAMEO Online doE-Toolbox. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift* 103, 2-9.
- Hofmann, P. (2010). *Hybridfahrzeuge*. Wien: Springer-Verlag.
- Hüftle, M. (28. 07 2006). Abgerufen am 22. 05 2012 von <http://134.169.42.157/Methoden/BewVerfa/BewVerfa.pdf>
- I2B. (2000). *Ideas to business - Handbuch zum Businessplan-Wettbewerb*. Linz.
- Little, A. D. (1988). *Innovation als Führungsaufgabe*. Frankfurt/Main: Campus Verlag GmbH.
- Meffert, H. (2000). *Marketing*. Wiesbaden: Gabler.

- Müller-Prothmann, T., & Dörr, N. (2011). *Innovationsmanagement*. München: Hanser.
- Nagl, A. (2011). *Der Businessplan*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Porter, M. E. (1999). *Wettbewerbsstrategie*. Brookline: Campus Verlag.
- Porter, M. E. (2000). *Wettbewerbsvorteile*. Brookline: Campus Verlag.
- Pudenz, K. (17. 02 2011). *www.atzonline.de*. Abgerufen am 04. 09 2012 von <http://www.atzonline.de/Aktuell/Nachrichten/1/14357/Automatisierungswerkzeug-Caliav-der-Turbo-fuer-Applikateure.html>
- Reif, K. (. (2011). *Bosch Autoelektrik und Autoelektronik*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- Reif, K. (2007). *Automobilelektronik*. Wiesbaden: Friedrich Vieweg & Sohn Verlag.
- Reif, K. (2010). *Konventioneller Antriebsstrang und Hybridantriebe*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- Rüggeberg, H.; Burmeister, K. (2008). *Innovationsprozesse in kleinen un dmittleren Unternehmungen*. Berlin.
- Schaich, E. (kein Datum). *wirtschaftslexikon.gabler.de*. Abgerufen am 26. 09 2012 von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/dienstleistungen.html>
- Schmidt, M.; Ritter, J. (2010). So schreiben Sie einen Business Case - Teil 1: Formalien und Einstieg. *Projekt Magazin, Sonderdruck*, 1f.
- Schweitzer, M.; Troßmann, E. (1998). *Break-Even-Analyse - Methodik und Einsatz*. Berlin: Duncker & Humbolt Verlag.
- Schwenk, et al.. (2010). *Microsoft Excel 2010*. Microsoft Press.
- Smith, P. G.; Reinertsen, D. G. (1998). *Developing Product in Half the Time*. New York: John Wiley & Sons.
- Steiner, G. A. (1971). *Top Management Planung*. München.
- Taschner, A. (2008). *Business Cases - Ein anwendungsorientierter Leitfaden*. Berlin: Gabler.
- Thom, N.; Etienne, M. *Innopool Managementkompetenz*. Abgerufen am 25. 07 2012 von <http://www.innopool.ch/pdf/I-Th-Et-00-Innkl.pdf>
- Traore, B. (12/2004). Beurteilungs- und Planungsinstrument - Aus Business case das Beste machen. *IT Management*, 2-7.
- Verworn, B.; Herstatt, C. (2000). *Modelle des Innovationsprozesses*. Hamburg: TU Hamburg.

- Verworn, B.; Herstatt, C. (09 2000). *www.tu-hamburg.de*. Abgerufen am 23. 08 2012 von http://www.tu-hamburg.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Arbeitspapier_6.pdf
- Wallentowitz, H.; Reif, K. (. (2006). *Handbuch Kraftfahrzeugelektronik*. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag.
- Wöhe, G.; Döringer, U. (2010). *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 24. Auflage*. München.
- Wohinz, J. W. (2003). *Industrielles Management - Das Grazer Modell*. Wien - Graz: NWV.
- Zangemeister, C. (1976). *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik 4. Auflage*. München: Wittemannsche Buchhandlung.
- Zimmermann, J., Stark, C.; Riec, J. (2006). *Projektplanung - Modell, Methoden, Management*. Berlin: Springer Verlag.

Internetquellenverzeichnis

AVL. (2012). www.avl.com. Abgerufen am 03.04.2012 von

<https://www.avl.com/company>

<https://www.avl.com/history>

<https://www.avl.com/pte>

<https://www.avl.com/its>

<https://www.avl.com/web/ast/home>

<https://www.avl.com/avl-facts>

enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de. (06. 10 2011). Abgerufen am 22. 05 2012 von

<http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/is-management/Management-von-Anwendungssystemen/Beschaffung-von-Anwendungssoftware/Nutzwertanalyse>

www.wirtschaftslexikon24.net. (2012). Abgerufen am 15. 09 2012 von <http://www.wirtschaftslexikon24.net/d/break-even-analyse/break-even-analyse.html>

ETAS. (2012). www.etas.com. Abgerufen am 04. 09 2012 von http://www.etas.com/de/products/calciav-plan_design_execute.php

FEV. (09 2010). www.fev.com. Abgerufen am 06. 09 2012 von http://www.fev.com/fileadmin/fev-resources/Spectrum/Spectrum_45_D_web.pdf

hs-bremen.de. Abgerufen am 22. 05 2012 von http://www.hs-bremen.de/internet/einrichtungen/fakultaeten/f5/abt1/forschung/labore/fertigungstechnik/methode4-nutzwertanalyse_neu.pdf

IAV. (2010). www.iav.com. Abgerufen am 04. 09 2012 von <http://www.iav.com/engineering/produkte/iav-calciav>

supply-markets.com. Abgerufen am 22. 05 2012 von http://www.supply-markets.com/Marktwahl/Nutzwertanalyse/Vorgehensweise_NWA.pdf

winfor.uni-wuppertal.de. Abgerufen am 26. 09 2012 von http://winfor.uni-wuppertal.de/fileadmin/bock/Vorlesung/SS2011/GDSS/slides_gdss_SS2011_part3a_3o1.pdf

wirtschaftslexikon.gabler.de. Abgerufen am 30. 09 2012 von
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/wirtschaftssoziologie.html>

www.motor-talk.de. Abgerufen am 29. 09 2012 von <http://data.motor-talk.de/data/galleries/829404/5085964/e36-104-53598.jpg>

www.pcmag.com. Abgerufen am 15. 09 2012 von
http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,1237,t=MATLAB&i=46630,00.asp

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Die AVL List GmbH	2
Abbildung 1-2: Ablaufschema der Diplomarbeit	6
Abbildung 2-1: Die typischen Merkmale einer Innovation.....	10
Abbildung 2-2: Stage-Gate-Prozess der zweiten Generation.....	11
Abbildung 2-3: Stage-Gate-Prozess der dritten Generation	12
Abbildung 2-4: Phasenmodell von Brockhoff.....	13
Abbildung 2-5: Der Innovationsprozess nach Thom.....	14
Abbildung 2-6: Phasen der Ideenakzeptierung	17
Abbildung 2-7: Strategietypen nach Porter.....	22
Abbildung 2-8: Umsatzeinfluss in Abhängigkeit der Markteinführung	25
Abbildung 2-9: Die SWOT-Analyse	26
Abbildung 2-10: Die GAP-Analyse	27
Abbildung 2-11: Die Szenario-Analyse.....	28
Abbildung 2-12: Das Technologie-Portfolio nach Pfeifer	29
Abbildung 3-1: CO ₂ -Emissionen der durchschnittlichen Neuwagenflotte in der EU-15 und Emmissionsziele für 2012 und 2020.....	31
Abbildung 3-2: Entwicklung unterschiedlicher Antriebskonzepte (2005-2015).....	32
Abbildung 3-3: Modellentwicklung unterschiedlicher EVs und HEVs verschiedener OEMs	33
Abbildung 4-1: Das Antriebsstrangmanagement.....	41
Abbildung 4-2: Einfluss auf die Betriebsstrategie	43
Abbildung 4-3: Wahl der Betriebsmodi in Abhängigkeit von Drehmoment und Fahrgeschwindigkeit.....	44
Abbildung 4-4: Beispiel für ein Zündkennfeld	45
Abbildung 4-5: AVL CAMEO Workflow.....	47
Abbildung 4-6: Normierte Schnittstellen eines modellbasierten Ansatz.....	49
Abbildung 4-7: Drehmomentübergabe Moduswechsel VKM – E- Maschine	52
Abbildung 4-8: Der Frontloading-Ansatz	54

Abbildung 4-9: AVL Calibration Technologies	54
Abbildung 4-10: Vorgehensweise der Offlinekalibrierung mittels AVL fOX	56
Abbildung 4-11: Aufgabe des Energiemanagements im Fahrzeug	58
Abbildung 4-12: Einsatz der Hybridfunktionen in Abhängigkeit des Ladezustandes	60
Abbildung 4-13: Qualitativer Einsatzbereich von Batterien in Abhängigkeit der Temperatur.....	61
Abbildung 5-1: Vorgehensweise bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse	65
Abbildung 5-2: Paarweiser Vergleich zur Bestimmung des Gewichtungsfaktors	67
Abbildung 5-3: Gesamtnutzwert – Investitionskosten Portfolio.....	76
Abbildung 6-1: Das Wesen eines Business Case	79
Abbildung 6-2: Aufteilung eines Projektumfangs innerhalb von DST	81
Abbildung 6-3: Entwicklung von Mild-Hybridfahrzeugen bezogen auf unterschiedliche Märkte	82
Abbildung 6-4: Entwicklung von Mild-Hybridfahrzeugen bezogen auf unterschiedliche Märkte	83
Abbildung 6-5: Produktionsvolumen von Hybridfahrzeugen nach Hybridisierungsgrad	84
Abbildung 6-6: Marktanteile der OEMs im Bereich Elektrifizierung von 2009 bis 2017	85
Abbildung 6-7: Zielkunden.....	86
Abbildung 6-8: Mögliche Zielkunden in Europa	87
Abbildung 6-9: Mögliche Zielkunden in Nordamerika	88
Abbildung 6-10: Mögliche Zielkunden in China	89
Abbildung 6-11: Auswertung der Wettbewerberanalyse in Europa	91
Abbildung 6-12: Auswertung der Wettbewerberanalyse in USA	92
Abbildung 6-13: Auswertung der Wettbewerberanalyse in China	92
Abbildung 6-14: Break-Even-Analyse.....	103
Abbildung 6-15: Break-Even-Analyse.....	107
Abbildung 6-16: SWOT Analyse des innovativen Ansatz „Diagnose“	110
Abbildung 7-1: Vorgehensweise einer wirtschaftlichen und technologischen Analyse von innovativen Ansätzen	116

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Produkt-Markt-Matrix	23
Tabelle 2.2: Strategietypen bezogen auf den Zeitfaktor	25
Tabelle 4.1: Zusammenfassung der innovativen Ansätze	63
Tabelle 5.1: Bewertungskriterien	70
Tabelle 5.4: Gesamtnutzwert	72
Tabelle 5.5: Einteilung der F&E-Vorhaben	73
Tabelle 5.6: Umsetzungskosten für die Betriebsstrategie	74
Tabelle 5.7: Umsetzungskosten für die Offlinekalibrierung Diagnose Hybrid	74
Tabelle 5.8: Umsetzungskosten für die Methodik zur Erhöhung d. Batterielebensdauer/-reichweite	75
Tabelle 6.2: Gesamtprojektumfang bei konventioneller Abwicklung	98
Tabelle 6.3: Kalkulation des Aufwandes einer Diagnosefunktion mit konventioneller Methode	99
Tabelle 6.4: Kalkulation des Aufwandes einer Diagnosefunktion mittels des innovativen Ansatzes	99
Tabelle 6.5: Einsparungspotential des innovativen Ansatzes.....	100
Tabelle 6.6: Aufstellung der Kosten bei Kauf der gesamten Methodik	101
Tabelle 6.7: Projektkalkulation auf Basis der konventionellen Methode	104
Tabelle 6.8: Deckungsbeitrag in Abhängigkeit der Projektgröße.....	105
Tabelle 6.9: Höhe der Investitionskosten	106
Tabelle 6.10: Break-Even-Point	107
Tabelle 6.11: Return on Investment	109

Abkürzungsverzeichnis

BEP	Break-Even-Point
BMS	Battery Management System
DoE	Design of Experiments
DST	interne AVL-Bezeichnung für die Abteilung Getriebe- und Hybridkalibrierung
ECU	Engine Control Unit
EM	Elektrische Maschine bzw. Elektromotor
EV	Electrical Vehicle
GWF	Gewichtungsfaktor
HCU	Hybrid Control Unit
HEV	Hybrid Electrical Vehicle
HIL	Hardware in the Loop
NW	Nutzwert
NWA	Nutzwertanalyse
ROI	Return on Investment
SIL	Software in the Loop
SoC	State of Charge
SoH	State of Health
TCU	Transmission Control Unit
TNW	Teilnutzwert
VCU	Vehicle Control Unit
VKM	Verbrennungskraftmaschine
ZEF	Zielerreichungsfaktor

Anhang

Skill Team Leader

Nutzwertanalyse		Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
		Betriebsstrategie		Diagnose		Batterie	
Kriterien (K)	Gewichtungsfaktor (GWF)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)
Marktpotential	18,18	6	109,09	6	109,09	8	145,45
Entwicklungsdauer	2,27	6	13,64	6	13,64	3	6,82
Komplexität	6,82	6	40,91	3	20,45	2	13,64
Verfügbare Personalressourcen	11,36	5	56,82	2	22,73	2	22,73
Einsparungspotential	18,18	4	72,73	8	145,45	8	145,45
Innovationsgrad	15,91	8	127,27	8	127,27	8	127,27
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	6,82	8	54,55	8	54,55	8	54,55
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	9,09	8	72,73	5	45,45	5	45,45
Leistungsumfang	11,36	7	79,55	6	68,18	7	79,55
Nutzwert			627,27		606,82		640,91
Rangfolge			2		3		1

Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	Marktpotential	Entwicklungsdauer	Komplexität	Verfügbare Personalressourcen	Einsparungspotential	Innovationsgrad	Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Leistungsumfang	Σ	GWF	GWF [%]
Marktpotential		1	1	1	1/5	1/6	1	1/8	1/9	8	0,181818	18,18
Entwicklungsdauer			2/3	4	5	6	7	8	9	1	0,022727	2,27
Komplexität				3/4	5	6	7	3/8	9	3	0,068182	6,82
Verfügbare Personalressourcen					5	6	4/7	4	4	5	0,113636	11,36
Einsparungspotential						5	5	5	5	8	0,181818	18,18
Innovationsgrad							6	6	6	7	0,159091	15,91
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche								8	9	3	0,068182	6,82
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools									9	4	0,090909	9,09
Leistungsumfang										5	0,113636	11,36
										Gesamtsumme	44	100,00

Lead Engineer (A)

Nutzwertanalyse		Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
		Betriebsstrategie		Diagnose		Batterie	
Kriterien (K)	Gewichtungsfaktor (GWF)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)
Marktpotential	13,04	7	91,30	7	91,30	6	78,26
Entwicklungsdauer	4,35	6	26,09	7	30,43	5	21,74
Komplexität	6,52	3	19,57	5	32,61	4	26,09
Verfügbare Personalressourcen	6,52	5	32,61	5	32,61	5	32,61
Einsparungspotential	17,39	5	86,96	6	104,35	6	104,35
Innovationsgrad	17,39	6	104,35	5	86,96	7	121,74
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	8,70	6	52,17	6	52,17	4	34,78
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	13,04	7	91,30	7	91,30	6	78,26
Leistungsumfang	13,04	8	104,35	8	104,35	8	104,35
Nutzwert			608,70		626,09		602,17
Rangfolge			2		1		3

Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	GWF	GWF [%]
	Marktpotential	Entwicklungsdauer	Komplexität	Verfügbare Personalressourcen	Einsparungspotential	Innovationsgrad	Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Leistungsumfang			
1 Marktpotential		1	1	1	5	6	1	1	1	6	0,130435	13,04
2 Entwicklungsdauer			2/3	2	5	6	7	8	9	2	0,043478	4,35
3 Komplexität				3	5	6	7	3/8	9	3	0,065217	6,52
4 Verfügbare Personalressourcen					5	6	4/7	4/8	4/9	3	0,065217	6,52
5 Einsparungspotential						5/6	5	5/8	5/9	8	0,173913	17,39
6 Innovationsgrad							6	6	6	8	0,173913	17,39
7 Erweiterbarkeit auf andere Bereiche								7/8	9	4	0,086957	8,70
8 Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools									8/9	6	0,130435	13,04
9 Leistungsumfang										6	0,130435	13,04
Gesamtsumme										46		100,00

Lead Engineer (B)

Nutzwertanalyse		Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
		Betriebsstrategie		Diagnose		Batterie	
Kriterien (K)	Gewichtungsfaktor (GWF)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)
Marktpotential	17,02	4	68,08	4	68,08	4	68,08
Entwicklungsdauer	4,26	4	17,04	4	17,04	6	25,56
Komplexität	6,38	3	19,14	6	38,28	6	38,28
Verfügbare Personalressourcen	12,77	6	76,62	6	76,62	6	76,62
Einsparungspotential	6,38	4	25,52	6	38,28	3	19,14
Innovationsgrad	17,02	6	102,12	4	68,08	3	51,06
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	10,64	6	63,84	6	63,84	5	53,2
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	10,64	6	63,84	5	53,2	5	53,2
Leistungsumfang	14,89	6	89,34	3	44,67	3	44,67
Nutzwert			525,54		468,09		429,81
Rangfolge			1		2		3

Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	GWF	GWF [%]
	Marktpotential	Entwicklungsdauer	Komplexität	Verfügbare Personalressourcen	Einsparungspotential	Innovationsgrad	Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Leistungsumfang			
1 Marktpotential		1	1	1/4	1	1/6	1	1	1/9	8	0,170213	17,02
2 Entwicklungsdauer			3	4	2/5	6	7	2/8	9	2	0,042553	4,26
3 Komplexität				4	3	6	7	3/8	9	3	0,06383	6,38
4 Verfügbare Personalressourcen					4	6	4	4/8	9	6	0,12766	12,77
5 Einsparungspotential						6	7	5/8	5	3	0,06383	6,38
6 Innovationsgrad							6	6	6/9	8	0,170213	17,02
7 Erweiterbarkeit auf andere Bereiche								7	7/9	5	0,106383	10,64
8 Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools									8/9	5	0,106383	10,64
9 Leistungsumfang										7	0,148936	14,89
Gesamtsumme										47		100,00

Senior Technical Expert

Nutzwertanalyse		Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
		Betriebsstrategie		Diagnose		Batterie	
Kriterien (K)	Gewichtungsfaktor (GWF)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungsfaktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)
Marktpotential	19,05	7	133,33	7	133,33	7	133,33
Entwicklungsdauer	11,90	3	35,71	4	47,62	5	59,52
Komplexität	9,52	4	38,10	4	38,10	5	47,62
Verfügbare Personalressourcen	7,14	4	28,57	6	42,86	4	28,57
Einsparungspotential	19,05	7	133,33	6	114,29	7	133,33
Innovationsgrad	19,05	7	133,33	6	114,29	7	133,33
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	7,14	5	35,71	7	50,00	4	28,57
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	7,14	7	50,00	6	42,86	5	35,71
Leistungsumfang	0,00	5	0,00	6	0,00	6	0,00
Nutzwert			588,10		583,33		600,00
Rangfolge			2		3		1

Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	GWF	GWF [%]
	Marktpotential	Entwicklungsdauer	Komplexität	Verfügbare Personalressourcen	Einsparungspotential	Innovationsgrad	Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Leistungsumfang			
1 Marktpotential		1	1	1	1/5	1/6	1	1	1	8	0,190476	19,05
2 Entwicklungsdauer			2	2	5	6	2	2	2	5	0,119048	11,90
3 Komplexität				3	5	6	3	3	3	4	0,095238	9,52
4 Verfügbare Personalressourcen					5	6	4/7	4/8	4	3	0,071429	7,14
5 Einsparungspotential						5/6	5	5	5	8	0,190476	19,05
6 Innovationsgrad							6	6	6	8	0,190476	19,05
7 Erweiterbarkeit auf andere Bereiche								7/8	7	3	0,071429	7,14
8 Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools									8	3	0,071429	7,14
9 Leistungsumfang										0	0	0,00
Gesamtsumme											42	100,00

Project Assistant

Nutzwertanalyse		Innovativer Ansatz I		Innovativer Ansatz II		Innovativer Ansatz III	
		Betriebsstrategie		Diagnose		Batterie	
Kriterien (K)	Gewichtungsfaktor (GWF)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)	Zielerreichungs-faktor (ZEF)	Teilnutzwert (TNW)
Marktpotential	16,33	4	65,32	6	97,98	6	97,98
Entwicklungsdauer	4,08	3	12,24	7	28,56	4	16,32
Komplexität	6,12	3	18,36	7	42,84	5	30,60
Verfügbare Personalressourcen	4,08	3	12,24	5	20,40	3	12,24
Einsparungspotential	16,33	3	48,99	5	81,65	3	48,99
Innovationsgrad	12,24	5	61,20	4	48,96	6	73,44
Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	12,24	5	61,20	6	73,44	5	61,20
Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	12,24	6	73,44	3	36,72	3	36,72
Leistungsumfang	16,33	6	97,98	6	97,98	4	65,32
Nutzwert			450,97		528,53		442,81
Rangfolge			2		1		3

Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	GWF	GWF [%]
	Marktpotential	Entwicklungsdauer	Komplexität	Verfügbare Personalressourcen	Einsparungspotential	Innovationsgrad	Erweiterbarkeit auf andere Bereiche	Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools	Leistungsumfang			
1 Marktpotential		1	1	1	1/5	1	1	1	1/9	8	0,163265	16,33
2 Entwicklungsdauer			2	2	5	6	7	8	9	2	0,040816	4,08
3 Komplexität				3	5	6	3/7	3/8	9	3	0,061224	6,12
4 Verfügbare Personalressourcen					5	4/6	7	8	4/9	2	0,040816	4,08
5 Einsparungspotential						5	5	5	5/9	8	0,163265	16,33
6 Innovationsgrad							6/7	6/8	6/9	6	0,122449	12,24
7 Erweiterbarkeit auf andere Bereiche								7/8	7/9	6	0,122449	12,24
8 Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AVL Tools									8/9	6	0,122449	12,24
9 Leistungsumfang										8	0,163265	16,33
Gesamtsumme											49	100,00