



Axel Munack (Herausgeber)  
Jürgen Krahl (Herausgeber)  
Helmut Tschöke (Herausgeber)  
Lutz Eckstein (Herausgeber)  
**Innovative Automobiltechnik IV**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6389>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Nutzerorientierte Fahrzeugkonzeptoptimierung mit Hilfe eines voll-parametrischen Gewichtsmodells

---

Stephan Matz, Stephan Fuchs, Markus Lienkamp

## Kurzfassung

Nicht erst seit der Entwicklung und Markteinführung der ersten Elektrofahrzeuge zeigt sich, dass die automobilen Welt sich im Umbruch befindet. Neben neuen Antriebstechnologien führen auch neue Märkte und der Wandel der traditionellen Märkte zu einer immer größeren Vielfalt an Fahrzeugmodellen. Die Anzahl der Fahrzeugmodelle und -derivate sowie Differenzierungsmöglichkeiten in der Ausstattung haben in den letzten Jahren ebenso rasant zugenommen.

Bei dem heutigen Vorgehen im automobilen Entwicklungsprozess wird ausgehend von den bisherigen Kundenanforderungen und einem Referenz- oder Vorgängerfahrzeug ein neues Fahrzeugprojekt abgeleitet. Dieses Vorgehen ist bei neuen Märkten, Kundenanforderungen oder Fahrzeugkonzepten nicht zielführend. Hier hilft der Einsatz von Prädiktionsmodellen zur Vorhersage von Fahrzeugeigenschaften, wie z.B. dem Fahrzeuggewicht bei einem gänzlich neuen Konzept.

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München erforscht Fahrzeugkonzeptwerkzeuge, mit denen der automobilen Entwicklungsprozess unterstützt, beschleunigt, und um innovative Lösungen ergänzt werden kann. Dieser Beitrag beschreibt ein Optimierungs-Tool für die Fahrzeugkonzeptentwicklung, das mit einem Prädiktionsmodell für das Fahrzeuggewicht verknüpft ist. Durch den Einsatz des Gewichtsprädiktionsmodells kann die Konsistenz der generierten Fahrzeugkonzepte gegenüber bestehenden Konzeptoptimierern deutlich erhöht werden.

Diese Werkzeuge können in der frühen Phase der Produktentwicklung eingesetzt werden.

## 1. Grenzen des heutigen Fahrzeugentwicklungsprozesses

Ausgangspunkt des heutigen (klassischen) Fahrzeugentwicklungsprozesses sind Anforderungen der zukünftigen Nutzer, die längerfristige Unternehmensstrategie und die Erfahrungen aus Vorgängerfahrzeugen. Diese werden von Fahrzeuggeneration zu Fahrzeuggeneration übernommen, um die Fahrzeugeigenschaften kontinuierlich zu verbessern. Die Ausprägung verschiedener Fahrzeugeigenschaften orientiert sich somit häufig an der technisch realisierbaren Grenze und nicht an dem tatsächlich von Nutzer benötigten Umfang. Zu Beginn der Konzeptphase werden zwar die

kundenrelevanten Eigenschaften festgelegt und an die jeweiligen Fachdisziplinen weitergegeben, ein Abgleich während der Konzeptausarbeitung ist allerdings nur durch subjektive Expertenabschätzungen möglich.

Dieses Vorgehen stößt bei der Entwicklung von Elektrofahrzeugen an seine Grenzen. Nur selten ist ausreichend Erfahrung von Vorgängerfahrzeugen vorhanden. Auch können bei batteriebetriebenen Fahrzeugen (Battery Electric Vehicles – BEV) nicht alle Anforderungen in gleichem Maße wie bei konventionellen Fahrzeugen erfüllt werden. Eine direkte Übernahme sämtlicher Anforderungen von konventionellen Fahrzeugen führt zu unwirtschaftlichen und ineffizienten Fahrzeugen. Aufgrund der eingeschränkten Energiedichte und der hohen spezifischen Kosten des elektrischen Energiespeichers müssen die Fahrzeuganforderungen an gewissen Stellen gezielt reduziert und an anderen Stellen gezielt herausgearbeitet werden, um in gewissen Marktsegmenten wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Allround-Fahrzeugen zu sein.

Entsprechend ist es erforderlich, das Fahrzeug für gewisse Einsatzbereiche wie beispielsweise Pendlerfahrten oder Kurzstrecken-Lieferdienste zu spezialisieren. Die dadurch entstehende Lücke zu konventionellen Fahrzeugen, muss in einem Szenario ohne deren Einsatz durch Mobilitätsalternativen gefüllt werden. Dies kann sich auch heute schon für Nutzer, die in einer Stadt mit gut ausgebauter Infrastruktur leben, lohnen. Bei der Entwicklung von passenden Elektrofahrzeugkonzepten muss daher von Anfang an dieser Modalsplit mit eingeplant werden. Hier ist es nicht zielführend, mit einem bestehenden konventionellen Fahrzeugkonzept zu beginnen.

## **2. Einsatz von Prädiktionsmodellen zur Unterstützung in der frühen Konzeptphase**

Bild 1 zeigt schematisch den Wissensstand über das zu entwickelnde Fahrzeug über der Projektlaufzeit. Zu Beginn der Definitionsphase werden Eigenschaftsziele definiert. Es ist wenig Wissen über die technische Realisierung vorhanden. Diese Zieldefinition wird von den jeweiligen Fachdisziplinen während der Definitionsphase ausgearbeitet. Ein Abgleich der aktuell dargestellten Eigenschaften mit der ursprünglichen Zieldefinition erfolgt durch subjektive Expertenabschätzung. Es werden iterativ die Teilkomponenten ausgearbeitet, zu einem Gesamtfahrzeug zusammengefügt und die Zielerreichung überprüft. Bei der Entwicklung von konventionellen Fahrzeugen dient meistens eine Plattform oder ein Vorgängerfahrzeug und bestehendes Wissen aus anderen Projekten als Basis. Durch den Wegfall dieses Vorwissens bei der Entwicklung neuer Konzepte entsteht ein Zeitnachteil. Ziel verschiedener Forschungsarbeiten am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik ist es, dieses Wissensdefizit durch den Einsatz verschiedener Prädiktionsmodelle während der Entwicklung aufzuholen. Die Prädiktionsmodelle sind so gestaltet, dass sie bereits mit groben Fahrzeuginformationen verlässliche Aussagen über die zu erwartenden Fahrzeugeigenschaften erzeugen können. Diese Aussagen müssen schneller verfügbar und treffsicherer sein als die Expertenabschätzungen. Ist dieses Ziel erreicht, so kann sowohl die Iterationszeit, als auch die Anzahl der benötigten Iterationen während der Entwicklung reduziert werden. Eine solche Toolkette hilft nicht nur bei kompletten Neuentwicklungen,

sondern auch im klassischen Entwicklungsprozess um schneller auf Änderungen zu reagieren.

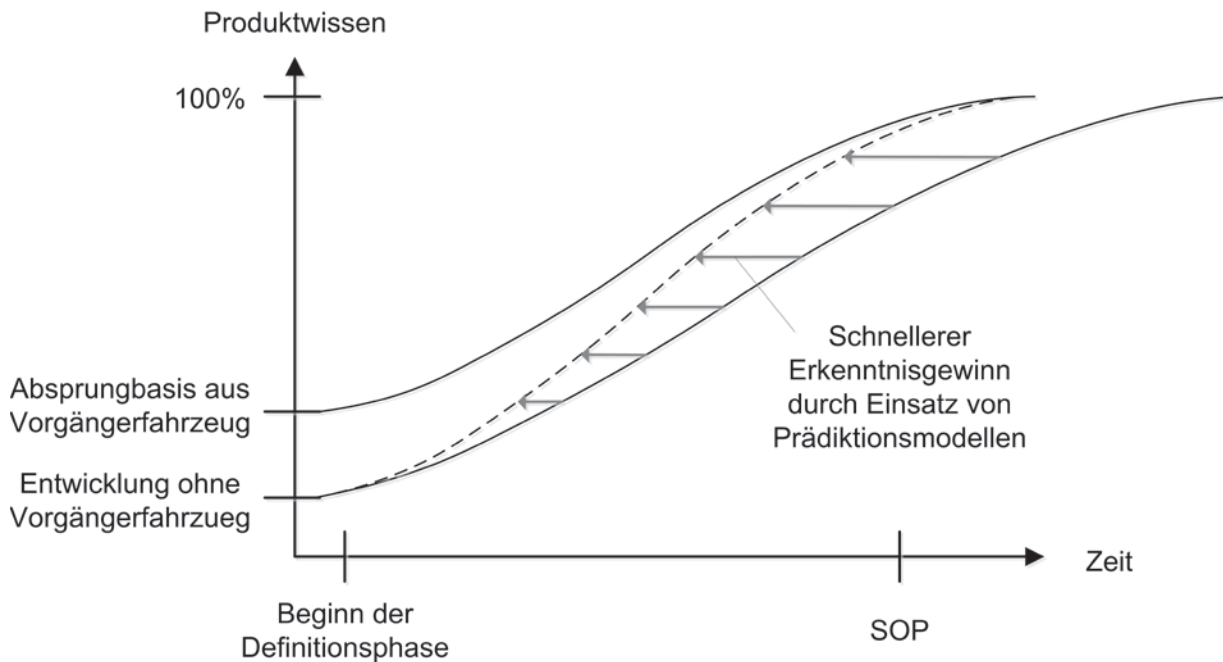


Bild 1: Wissensverlauf während der Produktentwicklung

Eine zentrale Rolle nimmt das Fahrzeuggewicht ein. Es ist zwar nicht direkt vom Kunden wahrnehmbar, beeinflusst aber mehrere kundenrelevante Eigenschaften, wie Fahrleistung, Verbrauch, Querdynamik und Materialeinsatz bei Produktion und Recycling.

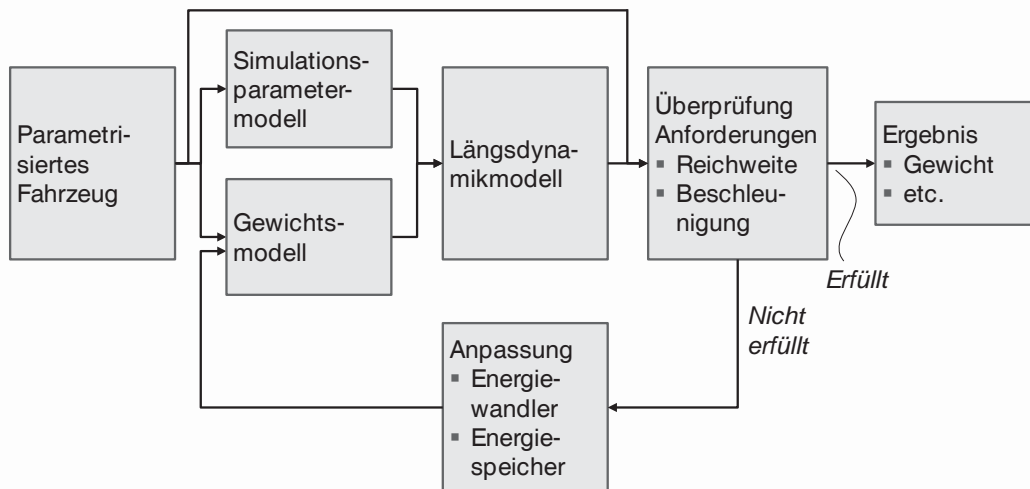
### 3. Gewichtsprädiktion

Zur Abschätzung des Fahrzeuggewichts zu einem frühen Stand im Entwicklungsprozess wurde am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik ein Gewichtsmodell mit Fokus auf neue Fahrzeugkonzepte entwickelt [Fuc S 13a]. Dieses ermöglicht eine schnelle und unkomplizierte Abschätzung des Fahrzeuggewichts unter Berücksichtigung der Gesamtfahrzeugeigenschaften, wie z.B. Verbrauch und Fahrleistung. Dabei können unterschiedliche Fahrzeuggrundkonzepte (Zwei- oder Vier-/Fünfsitzer, elektro- oder verbrennungsmotorischer Antrieb) genauso abgebildet werden, wie unterschiedliche Strukturmaterialien und Fahrzeugformen und eine Vielzahl von Ausstattungsvarianten.

Das Gewichtsmodell besteht aus rund 60 Teilmodellen für Unterbaugruppen. Diese Teilmodelle sind entweder empirischer Art, basierend auf Daten von Referenzfahrzeugen, oder physikalischer Art, wie z.B. bei Teilen des Antriebstrangs.

Ausgangspunkt der Gewichtsbestimmung ist ein parametrisiertes Fahrzeug (Bild 2). Die Eingangsdaten sind Grundparameter der Fahrzeugauslegung wie beispielsweise Länge, Breite, Höhe, Anzahl Sitzplätze, Windschutzscheibenwinkel etc., und können

entweder direkt vom Benutzer eingegeben oder aus anderen vorgelagerten Berechnungsstufen übernommen werden.



*Bild 2: Ablaufschema Gewichtsprädiktion*

Auf Basis dieser Größen werden die Simulationsparameter ( $c_W$ -Wert, Rollwiderstand, etc.) für eine Längsdynamiksimulation abgeschätzt. Parallel dazu werden die Gewichte der Unterbaugruppen mit den Teilmodellen bestimmt und zu einem Gesamtgewicht addiert.

Hieran schließt sich eine Längsdynamiksimulation an, mit der die Fahrzeugeigenschaften Reichweite und Beschleunigungsvermögen überprüft werden. Sofern erforderlich, werden die Energiespeicherkapazität und/oder Motorleistung sowie Eigenschaften des Antriebstrangs automatisch durch das Modell angepasst. Hierdurch ändern sich die Gewichte der modifizierten Bauteile, also z.B. des Motors (Primäreffekt), was eine erneute Gewichts-berechnung erforderlich macht. Dabei werden die Gewichtsauswirkungen auf weitere Bauteile berücksichtigt, so z.B. dem Fahrwerk (Sekundäreffekt). Anschließend erfolgt eine erneute Längsdynamiksimulation, und ggf. eine erneute Anpassung von Komponenten.

Diese Schritte werden iterativ so lange wiederholt, bis das Modell konvergiert ist. Ergebnis der Gewichtssimulation ist das Gesamtgewicht des Fahrzeugs, aufgeschlüsselt nach Komponenten, sowie weitere Größen wie beispielsweise Motorleistung und Batteriekapazität.

Das ermittelte Gewicht kann nun direkt ausgewertet werden, oder an weitere Prozesse/Simulationsmodelle weitergegeben werden. Ebenfalls lassen sich mit einer ähnlichen Methodik weiterführende Berechnungen ausführen und so z.B. die CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen abschätzen. Für Details hierzu wird auf [Fuc S 13b, Fuc S 13c] verwiesen.

## 4. Einbindung verschiedener Prädiktionsmodelle in einen Optimierungszyklus

Der Einsatz von Prädiktionsmodellen macht die Vorhersage von Fahrzeugeigenschaften nicht nur schneller, sondern ermöglicht durch Wegfall der Expertenabschätzung auch eine Automatisierung des Entwicklungsprozesses. Aufgrund der abstrakten Modelle, die hierbei zum Einsatz kommen, macht dies vor allem in der Konzeptphase Sinn. Wie in Kapitel 1 beschrieben, ist es sinnvoll, Elektrofahrzeugkonzepte in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln zu betrachten. Das Elektrofahrzeug soll die bestehende Infrastruktur möglichst gut ergänzen, so dass keine Einbußen für den Kunden entstehen. Um die relevanten Eigenschaften herauszuarbeiten und die weniger wichtigen zu identifizieren, muss der Modalsplit bei der Konzeptentwicklung mit einbezogen werden. Die Automatisierung erlaubt es, für jeden Nutzer zunächst ein individuelles Konzept zu erzeugen. Das Clustern der Nutzer erfolgt erst nach der Fahrzeugkonzeptableitung. Da dieser Prozess nichtlinear ist, ist eine Nutzerclusterung vor der Konzepterstellung, wie sie in der klassischen Konzeptentwicklung erfolgt, eigentlich nicht zulässig.

Input der Konzeptoptimierung sind die Kundenfahrten, sowie die verfügbare Infrastruktur und bewährte Eigenschaften des Vorgängerfahrzeuges in Form von Randbedingungen. Die Ergebnisse sind ein Fahrzeugkonzept und die dazu passenden Einsatzmöglichkeiten. Bild 3 zeigt schematisch den Optimierungsprozess.

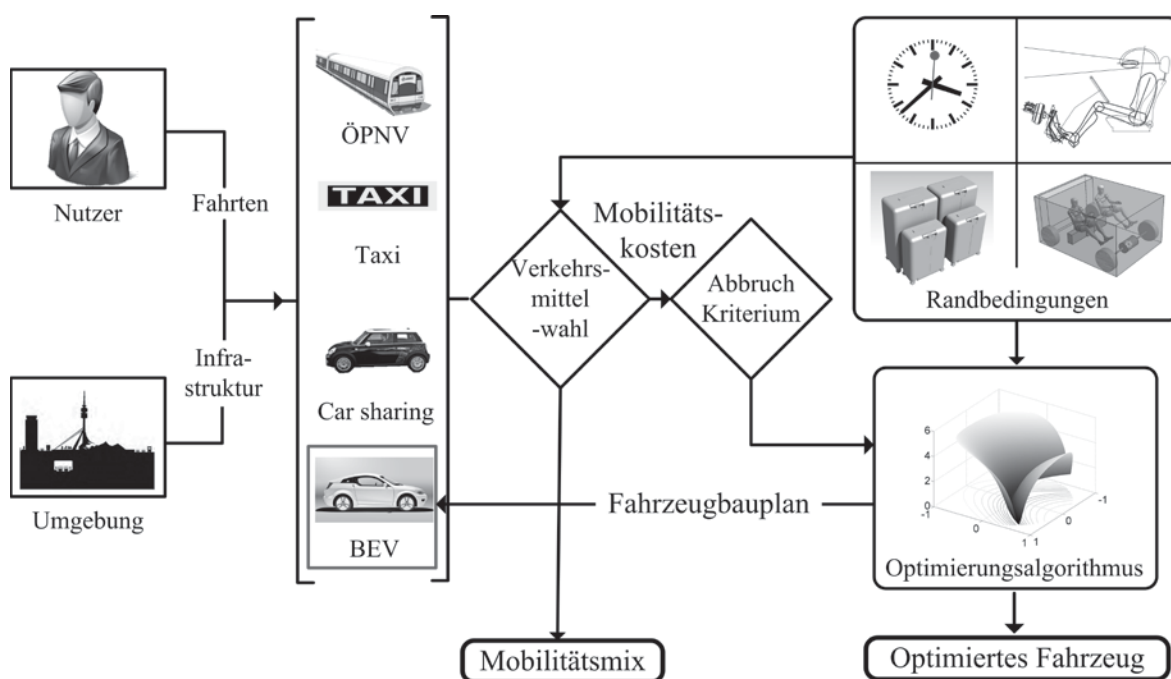


Bild 3: Optimierungsprozess

Das Nutzerverhalten ist mit Hilfe der GPS und Beschleunigungssensoren von Smartphones aufgezeichnet. Es liegt für jeden Nutzer in Form eines Positions- und Geschwindigkeitsschriebs über der Zeit für jede absolvierte Fahrt vor [Rit 11]. Die Verkehrsinfrastruktur wird über das verfügbare Angebot von öffentlichem Nah- und Fernverkehr, Taxiangebot und Car Sharing Anbietern beschrieben.

Für jede Fahrt des Nutzers wird neben dem Elektrofahrzeug auch nach einer Verbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln, Taxi und Car Sharing Fahrzeugen gesucht. Für jedes Verkehrsmittel ist ein separates Modul implementiert. Die Taxi und Car Sharing Module sind im Beitrag [Mat 13a] erläutert.

Die Suche nach einer Verbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln erfolgt mit Hilfe des Start- und Endpunktes durch eine kombinierte Anfrage bei Google Maps und dem Münchner Verkehrsverbund. Die genaue Vorgehensweise ist im Beitrag [Mat 13b] erläutert.

Die Zielfunktion beschreibt die Mobilitätskosten des Nutzers pro Monat. Es werden für jede Fahrt die Kosten jedes Verkehrsmittels berechnet und anschließend die jeweils günstigsten Alternativen zu den Gesamtkosten kombiniert.

In einer Optimierungsschleife wird einzig der Aufbau des privaten Elektrofahrzeuges so variiert, das die Gesamtkosten minimal werden. Die Kosten der anderen Verkehrsmittel bleiben konstant. Die Gesamtkosten setzen sich aus den Fahrtkosten und Abschreibungs- sowie Wartungskosten des BEV zusammen. Dies geschieht unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen. Geometrische Randbedingungen sorgen für ein kompatibles Package und stellen ergonomische und gesetzliche Anforderungen sicher. Logistische Randbedingungen definieren Ausschlusskriterien für den Einsatz des Elektrofahrzeuges. Diese sind eine zu geringe Reichweite, eine zu lange Fahrdauer, zu wenig Sitzplätze oder ein zu kleiner Kofferraum.

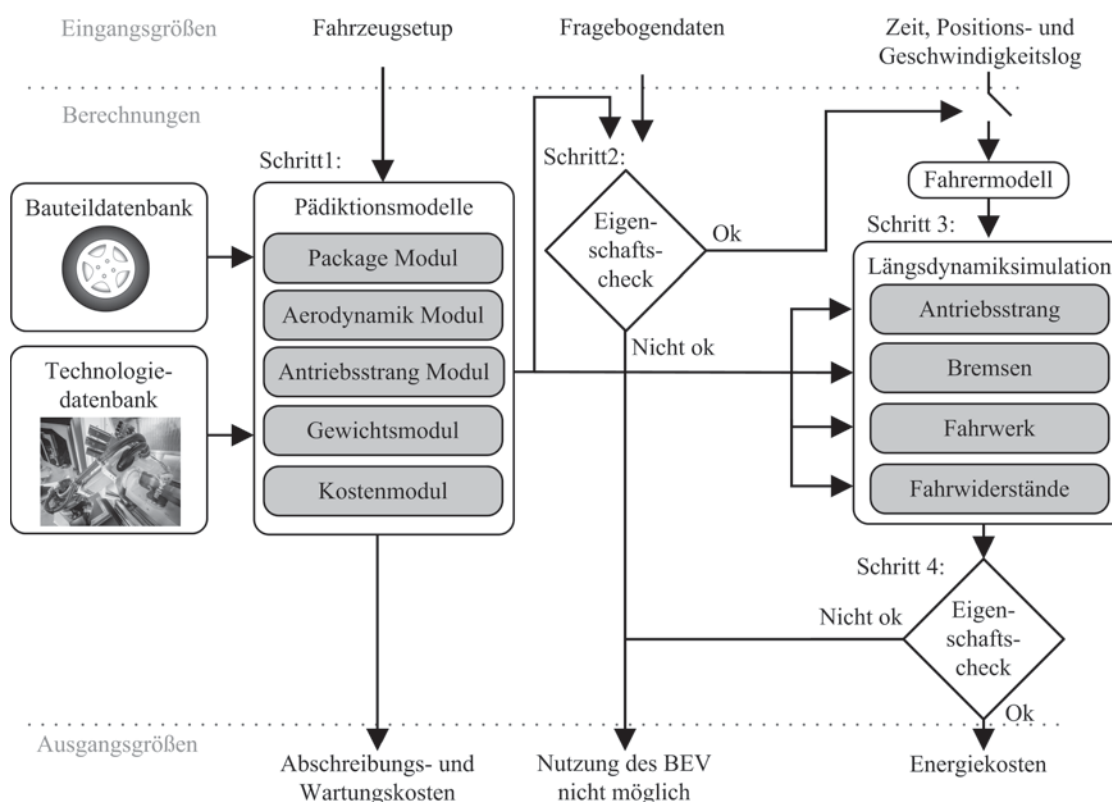


Bild 4: Eigenschaftsbestimmung des BEV

Die Eigenschaften des BEV sind durch ein Längsdynamikmodell zur Berechnung von Verbrauch und Fahrleistungen und durch ein Packagemodell abgebildet. Der Fahrzeugbauplan wird, wie in Bild 4 dargestellt, durch die Optimierungsparameter gesteuert. Es ist jedoch nicht jeder Modellparameter direkt mit einem Optimierungsparameter besetzt. Die Optimierungsparameter beschreiben die Fahrzeugabmessungen, aus welchen Komponenten das Fahrzeug zusammengesetzt werden soll und deren Positionen. Beim virtuellen Fahrzeugzusammenbau werden dann die entsprechenden Komponenten beziehungsweise Technologien aus der Bauteil und Technologiesdatenbank [Fuc J 12] geladen und mit Hilfe der in Kapitel 2 beschriebenen Prädiktionsmodelle die Gesamtfahrzeugeigenschaften bestimmt. Es ist das in Kapitel 3 beschriebene Gewichtsmodell, ein Packagemodul [Mat 13b], ein Aerodynamikmodul [Fuc S 13a], ein Antriebsstrangmodul [Pes 13] und ein Kostenmodul [Koc 13] implementiert. Diese Daten dienen zur Parametrierung des Längsdynamik- und des Packagemodells.

Vor der Längsdynamiksimulation findet eine Überprüfung des Fahrzeugpackage statt. Ausschlusskriterien sind eine zu geringe Sitzplatzanzahl oder ein zu kleiner Kofferraum für die aktuell zu absolvierende Fahrt. In einer Vorwärtssimulation wird der Energieverbrauch und die benötigte Reisezeit des Fahrzeuges ermittelt. Der Fahrerregler fährt die vom Nutzer vorgegebene Strecke nach. Sollte die Motorleistung nicht ausreichen um der Vorgabe zu folgen, verlängert sich die Reisezeit entsprechend. Nur wenn die Reisezeit die Vorgabe um nicht mehr als 30 Prozent übersteigt und eine Restreichweite von 20 km gewährleistet ist, wird die Fahrt mit dem Elektrofahrzeug zugelassen. Die benötigten Energie- sowie Abschreibungs- und Wartungskosten werden an die Zielfunktion zurückgegeben.

Durch die Formulierung einer Zielfunktion (Mobilitätskosten) und die Definition von Randbedingungen kann die Suche nach dem bestmöglichen Fahrzeugkonzept nun automatisiert durchgeführt werden. Zur Lösung dieses Optimierungsproblems wurde in [Mat 13a] der genetische Optimierungsalgorithmus NSGA2 ausgewählt. Mit Hilfe dieses Algorithmus lassen sich vieldimensionale und allgemein formulierte Probleme lösen. Er hat sich außerdem in den Arbeiten [Kuc 11] und [Wie 12] als geeignet erwiesen.

## **5. Ergebnisse aus Konzeptoptimierung und Gewichtsabschätzung**

Ergebnis der Konzeptoptimierung ist ein nutzerindividuelles Fahrzeugkonzept, sowie der mit diesem Fahrzeug günstigste Modalsplit. Das Fahrzeugkonzept besteht aus Komponentenspezifikationen und einem Packagemodell. Es ist so abgestimmt, dass sich in Kombination mit den anderen verfügbaren Verkehrsmitteln die für den Nutzer günstigsten Gesamtkosten ergeben. Die in diesem Beitrag gezeigten Ergebnisse sind exemplarisch mit vier Nutzern einer Nutzergruppe erzeugt. Diese Gruppe besteht aus Probanden, die als Käufer für Elektrofahrzeuge in Frage kommen. Dies bedeutet, dass sie ein ausreichend hohes Einkommen haben, und über eine Garage mit Lademöglichkeit verfügen. Die Nutzer besitzen einen konventionell angetriebenen PKW. Detaillierte Ergebnisse der Konzeptoptimierung eines Einzelnutzers sind in [Mat 13b] dargestellt.



Es ist jedoch aus Sicht des Fahrzeugherstellers unmöglich, jedem Nutzer ein individuelles Fahrzeug anzubieten. Erst ab einer gewissen Stückzahl ist ein Konzept auch wirtschaftlich sinnvoll. Gesucht ist ein Fahrzeugkonzept, das für den Einzelnen nur eine geringe Abweichung zum Optimum zeigt, aber gleichzeitig möglichst viele Nutzer abdeckt. Der dargelegte Optimierungsprozess lässt sich ohne Änderung auch auf eine Gruppe von Nutzern anwenden, um ein Fahrzeugkonzept für diese Nutzergruppe zu erhalten. Entscheidend ist hierbei die Bildung der Nutzergruppe. Aufgrund der Nichtlinearität des Konzeptentwicklungsprozesses erfolgt die Nutzerclusterung in diesem Beitrag erst nach der Konzepterstellung anhand der beschriebenen Zielfunktion. Es wird zunächst für jeden Nutzer das individuell beste Konzept ermittelt. Im zweiten Schritt werden die Kosten, die jedem Nutzer mit jedem der anderen Konzepte entstehen würden, berechnet und die Ergebnisse in einer in Bild 5 dargestellten Matrix aufgetragen.

Nutzer \ Konzept	Konzept			
	1	2	3	4
1	<b>426 €</b>	434 €	438 €	440 €
2	1.304 €	<b>1.156 €</b>	1.270 €	1.292 €
3	302 €	285 €	<b>279 €</b>	301 €
4	496 €	472 €	480 €	<b>471 €</b>

*Bild 5: Konzeptmatrix*

Um die Abweichungen vergleichbar zu machen, sind die Kosten in Bild 6 auf das für den jeweiligen Nutzer optimale Konzept normiert.

Nutzer \ Konzept	Konzept			
	1	2	3	4
1	<b>1,00</b>	1,02	1,03	1,03
2	1,13	<b>1,00</b>	1,10	1,12
3	1,08	1,02	<b>1,00</b>	1,08
4	1,05	1,00	1,02	<b>1,00</b>

*Bild 6: Normierte Konzeptmatrix*

Nun kann spaltenweise das Konzept mit den meisten Nutzern gesucht werden. Es ist eine Grenze für eine maximale Abweichung von der optimalen Lösung definiert. Alle Konzepte innerhalb dieser Grenze sind noch zumutbar, die anderen nicht mehr. Wird die Grenze sehr eng gesetzt, passt für jeden Nutzer nur das für ihn optimierte Konzept. Wird sie sehr weit gesetzt, so passen alle Konzepte für jeden Nutzer. Es kann nicht mehr ausreichend differenziert werden. In diesem Beispiel zeigt sich bei einer zumutbaren Kostensteigerung von 4 Prozent eine gute Differenzierung der Konzepte. Wie Bild 7 zeigt, passt Fahrzeugkonzept 2 auf die Anforderungen aller 4 Nutzer.

Potentielle Nutzer

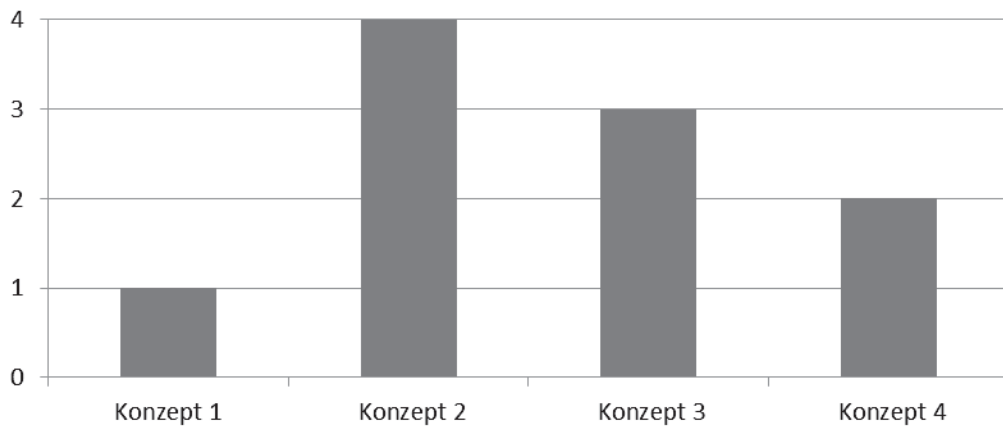


Bild 7: Konzepteignung

Konzept 2 ist ein Zweisitzer mit Vorderradantrieb, einer Reichweite von 60 km und einer Länge von 2,7 m, einer Breite von 2 m und einer Höhe von 1,5 m. Das Leergewicht beträgt 977 kg. Für die Nutzergruppe ergibt sich der in Bild 8 gezeigte Modalsplit. Die angegebene Reichweite von 60 km bezieht sich auf die 42 Prozent der Fahrten mit dem BEV. Diese sind hauptsächlich in der Stadt bei niedrigen Geschwindigkeiten. Aufgrund der höheren Geschwindigkeiten ergeben sich bei Auslegung nach NEFZ eine niedrigere Reichweite, oder ein höheres Fahrzeuggewicht.

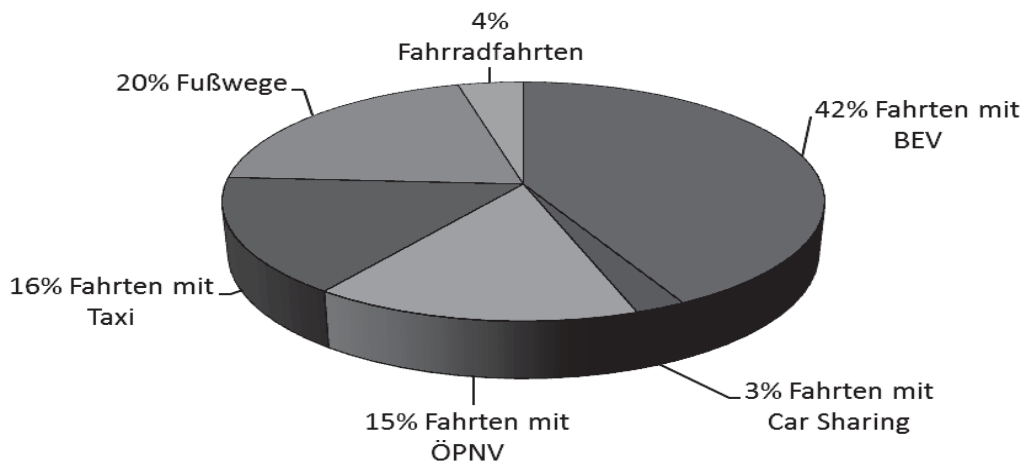


Bild 8: Modalsplit optimiert [Anzahl Fahrten]

Die Gewichtsabschätzung liefert Gewichtsangaben für die unterschiedlichen Komponentengruppen des jeweils simulierten Fahrzeugkonzepts. Bei einer Variation der Reichweite, einem der wesentlichen Gewichtstreiber bei einem BEV, steigt bei unveränderten Fahrzeugparametern das Gewicht mit der Reichweite überproportional an (Bild 9). Hauptfaktor ist hier die Batterie, während Karosserie, Antriebstrang und Fahrwerk nur leicht ansteigen. Die Komponenten aus dem Bereich Interieur, Exterieur und der Elektronik bleiben dabei weitgehend unverändert im Gewicht.

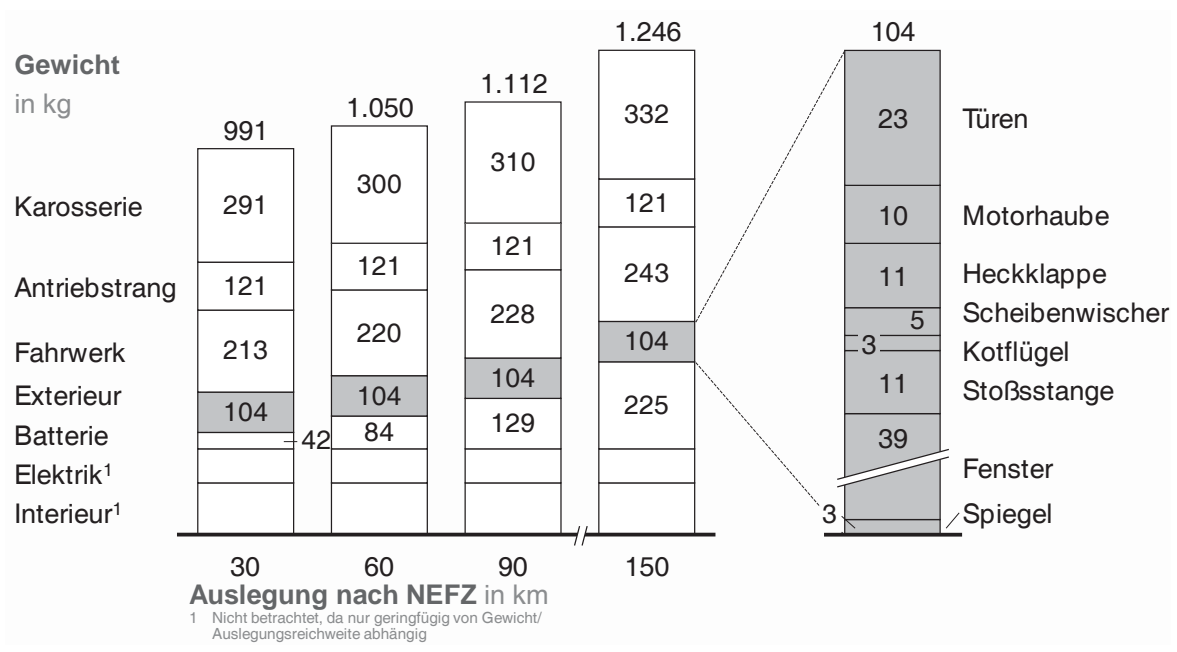


Bild 9: Abhängigkeit des Fahrzeuggewichts von der Auslegungsreichweite

Ein Vergleich der Modellergebnisse mit dem im Detail von Eckstein [Eck 11] analysierten Mitsubishi i-MiEV ergibt nur geringe Abweichungen (Bild 10). Bezogen auf die simulierten Bereiche des Gesamtfahrzeugs ist der Unterschied bei ca. 1 Prozent. Die größten Unterschiede bestehen dabei im Bereich des Fahrwerks (12 Prozent). Hier unterscheidet sich die Bauart des i-MiEV von den derzeit im Gewichtsmodell hinterlegten Referenzfahrzeugen. In den anderen simulierten Bereichen ist die Abweichung geringer, bei der Karosserie beträgt diese 3 Prozent (inklusive Exterieur-Bauteile), bei dem Antriebsstrang (inklusive der Batterie) 1 Prozent. Eine verbleibende Unschärfe im Vergleich ist dabei jedoch, dass eine identische Zuordnung der Bauteile zu Baugruppen bei den beiden Fahrzeugen nicht sichergestellt werden kann. Anhand der verfügbaren Informationen mussten für die Zuordnung und Materialien z.T. Annahmen getroffen werden.

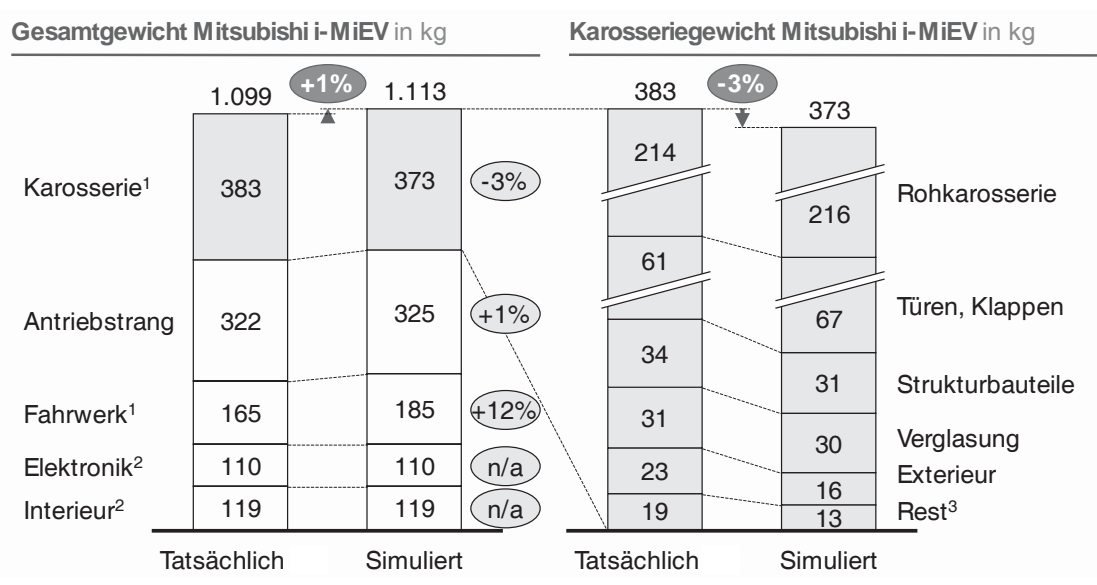


Bild 10: Vergleich tatsächliches vs. simuliertes Gewicht des Mitsubishi i-MiEV

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde dargelegt, warum sich Prädiktionsmodelle besonders in der frühen Konzeptphase und bei Neuentwicklungen eignen, um Entwicklungszeit zu sparen. Die Kenntnis des Fahrzeuggewichtes ist in der frühen Entwicklungsphase besonders relevant, da es viele andere Fahrzeugeigenschaften beeinflusst und einer Zielabweichung frühzeitig gegengesteuert werden muss. Es wird erklärt, wie mit Hilfe eines Gewichtsprädiktionsmodelles das Fahrzeuggewicht aus Grobkonzeptdaten ermittelt werden kann.

Durch den Einsatz von Prädiktionsmodellen ist es außerdem möglich geworden, den Konzeptentwicklungsprozess zu automatisieren und in eine Optimierungsschleife einzubinden. Aufgrund der Verknüpfung von Elektrofahrzeugen mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder Car Sharing Fahrzeugen ist eine Verkehrsmittelübergreifende Konzeptoptimierung besonders interessant. Es wurde dargelegt, wie ein solcher Optimierungsprozess für die Fahrten eines Nutzers und auch einer Nutzergruppe aussehen kann. Am Beispiel von 4 Nutzern wurde eine Strategie zur Nutzerclusterung vorgestellt.

Im weiteren Vorgehen muss das Optimierungsprinzip auf eine größere Nutzergruppe angewandt werden, um statistisch relevante Aussagen treffen zu können. Erweisen sich die Ergebnisse als valide, kann das Tool sowohl begleitend zur Fahrzeugkonzeptentwicklung, als auch zur Untersuchung verschiedener Szenarien mit variierender Infrastruktur eingesetzt werden.

## Danksagung

In diesen Fachbeitrag sind Ergebnisse der Semester-, Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten von Florian Ertl, Petar Gardijan, Christian Jakob, Chenhui Hu, Felix Kaufmann, Piotr Konopka, Matthias Schaffer und Markus Scholz eingeflossen. Die Autoren bedanken sich herzlich für die Mitarbeit. Das Projekt wurde aus lehrstuhleigenen Mitteln des FTM finanziert.

## Literatur

- [Fuc S 13a] Fuchs, S.; Lienkamp, M.: Parametrische Gewichts- und Effizienzmodellierung für neue Fahrzeugkonzepte, ATZ, 115. Jahrgang, S. 232 – 239, 2013.
- [Fuc S 13b] Fuchs, S.; Lienkamp, M.: Modellierung des Gewichtseinflusses von Parametervariationen bei Elektrofahrzeugkonzepten, 6. Landshuter Leichtbau-Colloquium, Landshut, 2013.

- [Fuc S 13c] Fuchs, S.; Lienkamp, M.: Parametrische Gewichts- und Emissionsmodellierung für neue Fahrzeugkonzepte, Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug, Graz, 2013, noch nicht veröffentlicht
- [Eck 11] Eckstein, L.; Göbbels, R.; Wohlecker, R.: Benchmarking des Elektrofahrzeugs Mitsubishi i-MiEV, ATZ, 113. Jahrgang, S. 964 – 970, 2011.
- [Mat 13a] Matz, S.; Lienkamp, M.: Optimisation of vehicle concepts in a multimodal environment with regard to user benefit, Conference on Future Automotive Technology, 19.03.2013, noch nicht veröffentlicht
- [Mat 13b] Matz, S.; Lienkamp, M.: Nutzerorientierte Optimierung von Fahrzeugkonzepten in einer multimodalen Verkehrsumgebung, Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug, Graz, 2013, noch nicht veröffentlicht
- [Kuc 11] Kuchenbuch, K.; Vietor, T.; Stieg, J.: Optimierungsalgorithmen für den Entwurf von Elektrofahrzeugen, ATZ, Issue: 2011-7/8
- [Wie 12] Wiedemann, E.; Meurle, J.; Lienkamp, M.: Optimization of Electric Vehicle Concepts Based on Customer-Relevant Characteristics, SAE International, 04/16/2012
- [Rit 11] Ritzer, J.; Pesce, T.; Schickram, S.; Lienkamp, M.: Einsatz von Smartphones zur Erfassung von mobilitätsrelevanten Daten in Flottenversuchen – Mobilitätsuntersuchungen mit Elektrofahrzeugen, Automobiltechnisches Kolloquium, München, 03. 2011
- [Fuc J 12] Fuchs, J.; Riemenschneider, T.; Huber, R.; Lienkamp, M.: Impact of Electrification on the Vehicle Concept – Potential of Determining Components and Technologies, Conference on Future Automotive Technology, 2012
- [Koc 13] Kochhan, R.; Lim, J.; Knackfuß, S.; Lienkamp, M.; Gleyzes, D.: Total Cost of Ownership and Willingness-to-Pay for Private Mobility in Singapore, 5th International Conference on Sustainable Automotive Technologies, Ingolstadt, 25-27 Sept. 2013, noch nicht veröffentlicht
- [Pes 13] Pesce, T.; Lienkamp, M.: Ein Werkzeug zur Spezifikation von effizienten Antriebstopologien für Elektrofahrzeuge, Dissertation am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TU München, Garching bei München, noch nicht veröffentlicht