

## **Ausschreibung zu den Strategiefeldern „Emissionsfreie Mobilität“ und „Advanced Manufacturing“ im Rahmen des Innovationscampus Mobilität der Zukunft**

Ziel des vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg geförderten Innovationscampus Mobilität der Zukunft (ICM) ist es, durch exzellente Grundlagenforschung in den Bereichen Mobilität und Produktion neue Technologien mit disruptivem Charakter und Potential für Sprunginnovationen hervorzubringen. Hierfür bündeln das Karlsruher Institut für Technologie und die Universität Stuttgart ihre Kompetenzen in Forschung und Innovation, um neue Formen der Mobilität, flexible Produktionstechnologien und zukünftige Wertschöpfungsnetzwerke voraus zu denken und interdisziplinär zu erforschen. Der Innovationscampus dient als gemeinsame Plattform, um schnell und flexibel neue Technologien zu entwickeln, neue Ansätze zu erproben und die Basis für disruptive Innovationen zu schaffen.

Im Rahmen der **zweiten Förderphase** des Innovationscampus werden für die Forschungsschwerpunkte der Strategiefelder „Emissionsfreie Mobilität“ und „Advanced Manufacturing“ Projekte gesucht, die auf Grund ihrer Natur zur Erreichung dieser Ziele beitragen. Details zu den Forschungsschwerpunkten und zu adressierenden Themenfeldern finden sich auf den nachfolgenden Seiten.

**Kriterien**, die zur Bewertung der Projekte herangezogen werden:

- Wissenschaftliche Exzellenz
- Disruptives Innovationspotential
- Interdisziplinarität
- Standortübergreifende Zusammenarbeit
- Hohes Risiko
- Keine Fördermöglichkeit in anderen üblichen Förderformaten
- Explorativer Charakter

Des Weiteren ist bei der Antragstellung zu beachten:

- Eine Vernetzung der beiden Strategiefelder „Emissionsfreie Mobilität“ und „Advanced Manufacturing“ durch die Projekte ist ausdrücklich erwünscht, d. h. die Projekte sollen enge Anknüpfungspunkte zum jeweils anderen Strategiefeld aufweisen.
- Die Projekte der beiden Strategiefelder sollen mit ihren Inhalten zur Ausgestaltung des ICM-Versuchsträgers beitragen. Eine Beschreibung des Versuchsträgers findet sich auf den nachfolgenden Seiten.

**Antragsberechtigt** sind Institute beider Universitäten sowie in Kooperation mit diesen auch baden-württembergische Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Startpunkt der Projekte für beide Strategiefelder ist der **01.07.2021**, die zu beantragende Laufzeit beträgt **18 Monate**. Für die Projekte der beiden Strategiefelder sind für die zweite Förderphase in Summe circa **1,75 Mio. €** allokiert. Projektskizzen werden auf Basis der beigefügten Vorlage in Form eines max. 6-seitigen pdf-Dokuments bis zum **31.11.2020** an [gf@icm-bw.de](mailto:gf@icm-bw.de) erbeten. Dabei sind zwei fachlich passende externe Gutachter zu benennen.

**Nach Einreichung der Projektskizzen** erfolgen im Rahmen einer Pitch-Runde eine gegenseitige Vorstellung und eine Vorauswahl der Projekte durch die Antragsteller selbst. Die Teilnahme an diesem Termin ist für alle Antragsteller verpflichtend. Eine Vertretung ist nicht möglich. Die Pitching-Runde für die zweite Förderphase findet an folgendem Termin statt:

- Pitch-Termin am 10.12.2020 ab 13:00 Uhr (ARENA2036, Stuttgart Vaihingen oder digital)

Ansprechpartner ist die Geschäftsführung des Innovationscampus

Dr. Max Hoßfeld  
[max.hossfeld@ifsw.uni-stuttgart.de](mailto:max.hossfeld@ifsw.uni-stuttgart.de)  
Tel.: +49 711 685 60947

Dr. Sandra Kauffmann-Weiß  
[sandra.kauffmann-weiss@kit.edu](mailto:sandra.kauffmann-weiss@kit.edu)  
Telefon: +49 721 608-46839,  
Mobil: +49 1523 9502655

## **Forschungsschwerpunkt „Hochproduktive additive und subtraktive Prozesskombinationen“ im Strategiefeld „Advanced Manufacturing“**

Das übergeordnete Ziel im Strategiefeld „Advanced Manufacturing“ des Innovationscampus ist die Entwicklung hochproduktiver und gleichzeitig hochgradig wandelbarer und flexibler, „universeller“ Produktionssysteme. Auf dem Weg hin zu dieser Vision sind neuartige, flexible und hochintegrierte Produktionstechnologien zu erforschen und so die wissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Überwindung heutiger Restriktionen, produktionstechnischer Paradigmen oder anerkannter Widersprüche wie etwa effizient vs. flexibel zu erarbeiten.

Gesucht sind neue Ansätze unter Einbindung hybrider Verfahren sowie der Prozessintegration und Ansätze für einen flexiblen und dynamisch re-konfigurierbaren Anlagenbau. Dabei ist mit dem Ziel „first time right“ begleitend durch eine durchgängige digitale Absicherung und Beschreibung des zugehörigen Bauteilfertigstellungsprozesses und der Prozessüberwachung ein prozesssynchrones Qualitätsmanagement vorzusehen.

### **Ziele und Inhalte der zweiten Förderphase**

Gegenstand dieser Ausschreibung im genannten Strategiefeld ist die Erforschung und Entwicklung neuer Technologien mit disruptivem Charakter für eine re-konfigurierbare, flexible Anlagentechnik als Grundlage der Vision für eine universelle Produktionstechnik. Der Fokus liegt hierbei auf der Entwicklung von Produktionstechnologien für die Konzeption neuer Mobilitätsprodukte für die nachhaltige Mobilität der Zukunft. Gesucht werden Forschungsideen, die sowohl auf der Komponenten- als auch auf der Systemebene zu grundlegenden Innovationen führen.

Diese Förderphase fokussiert dabei ausgehend vom Schwerpunkt „Additive Fertigung“ der ersten Förderphase auf eine Weiterentwicklung und Erweiterung des Strategiefelds hin zu „Advanced Manufacturing“ über die Kombination bzw. Integration **additiver und subtraktiver Fertigungsverfahren**. Exemplarische Ziele hierbei sind:

- Erschließung gänzlich neuer Freiheitsgrade für Bauteile und Wertschöpfung durch neuartige Produktionstechnologien
- Steigerung der Gesamtanlageneffektivität (OEE) bei gleichzeitig höchster Variantenvielfalt und Volatilität von Märkten und Nachfrage
- Re-Regionalisierung der Wertschöpfung und Sicherung von Arbeitsplätzen in Baden-Württemberg
- Ermöglichung und Verarbeitung von Werkstoffkombinationen für hochbeanspruchte, funktionsintegrierte Komponenten und Teilsysteme
- Sequentielle und/oder synchrone Kombination additiver und subtraktiver Verfahren und Entwicklung der zugehörigen Anlagentechnik

In allen Forschungsvorhaben des Innovationscampus Mobilität der Zukunft ist der systemische Nutzen und eine Anschlussfähigkeit des geplanten Vorhabens zu beschreiben. Dabei ist stets die Perspektive einer zeitnahen industriellen Umsetzung unter den Aspekten von Wirtschaftlichkeit und Nutzen für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg zu berücksichtigen.

## **Forschungsschwerpunkt „Komponenten zur Steigerung der Intelligenz und der Leistungsdichte“ im Strategiefeld „Emissionsfreie Mobilität“**

Das übergeordnete Ziel des Strategiefelds „Emissionsfreie Mobilität“ ist die Entwicklung umfassender und nachhaltiger Lösungen für Mobilitätsprodukte. Im Vordergrund steht die **Entwicklung von Komponenten und Modulen zur Steigerung der System-Intelligenz und der Leistungsdichte**. Die Komponenten sollen später als Enabler für Mobilitätskonzepte zur Verfügung stehen.

Der Fokus liegt dabei in der Grundlagenforschung in den Bereichen Funktionsintegration, Thermohaushalt, Leistungselektronik, E-Motor, Signalelektronik, Steuer- und Regelungstechnik, Antriebstechnik, Speichertechnologie und Brennstoffzellen. Gesucht werden Forschungsideen, die sowohl auf der Komponenten- als auch auf der Systemebene zu grundlegenden Innovationen führen.

### **Ziele und Inhalte der zweiten Förderphase**

Gegenstand dieser Ausschreibung ist die Forschung und Entwicklung neuartiger Antriebskonzepte und zugehöriger Produktentstehungsprozessmodelle unter Einbindung moderner Produktionssysteme. Hierfür sind die wissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Überwindung heutiger Restriktionen zur erfolgreichen Umsetzung der emissionsfreien Mobilität der nächsten Generation zu erarbeiten.

Gesucht werden potentiell disruptive Technologien zur Steigerung der Leistungsdichte, zur Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz und des Thermohaushalts. Diese sollen gleichzeitig einen geringstmöglichen Einsatz an Ressourcen und eine maximale Recyclingfähigkeit der verwendeten Rohstoffe und Komponenten gewährleisten. Ziel ist die Reduzierung der lokalen und globalen Emissionen unter Berücksichtigung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten. Im Entwicklungsprozess erlauben dabei vor allem neuartige Fertigungsverfahren und Produktionssysteme (Strategiefeld Advanced Manufacturing) neue Ideen- und Konstruktionsmöglichkeiten für struktur- und funktionsintegrierte Bauteile.

In allen Forschungsvorhaben des Innovationscampus Mobilität der Zukunft ist der systemische Nutzen und eine Anschlussfähigkeit zu beschreiben. Dabei ist stets die Perspektive einer zeitnahen industriellen Umsetzung unter den Aspekten von Wirtschaftlichkeit und Nutzen für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg zu berücksichtigen.

## Anlage: Beschreibung des ICM-Versuchsträgers



Abbildung 1: Skizze ICM-Versuchsträger

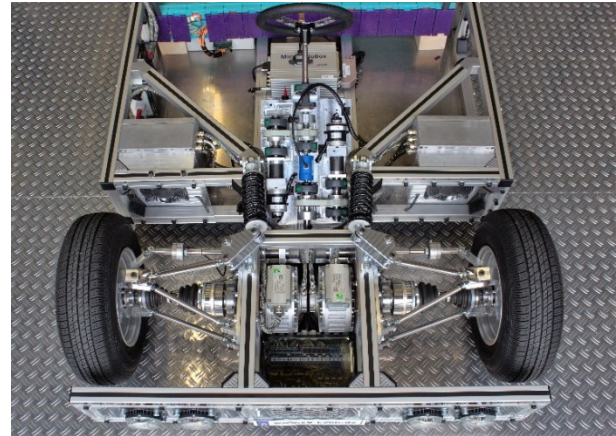


Abbildung 2: Beispielhafte Ausführung: Die Reduktion auf die wesentlichen Elemente verstärkt die Sichtbarkeit bzw. die Zugänglichkeit des Entwicklungsgegenstands, hier das Antriebs- bzw. Fahrwerkssystem.

Übergeordnete Ziele des Versuchsträgers sind:

- Die Verzahnung der beiden Strategiefelder „Emissionsfreie Mobilität“ und „Advanced Manufacturing“ und ein exemplarischer Transfer der erarbeiteten Inhalte in die Anwendung
- Die Verbesserung der Sichtbarkeit/Marketing und Außenwahrnehmung des Innovationscampus, seiner Teilnehmer und Projekte

Eine enge **Zusammenarbeit am Versuchsträger** ermöglicht dabei auch folgende Aspekte:

- Eine Basis für die Verifizierung und Validierung von erarbeiteten Ansätzen und Technologien
- Die physisch/virtuell-gemischte Erprobung von Technologien in Wechselwirkung mit einem Fahrzeug-Gesamtsystem
- Erforschen der Skalierung und Skalierbarkeit von Technologien und Komponenten

Als übergeordnete **Vision für den Versuchsträger** ist eine Skizze für ein Kleinstfahrzeug vorgesehen, für das folgendes Konzept und folgender Designraum angedacht ist:

- Kleine, autonome 1-Personen-Fahrzeuge haben das Potenzial, als Teil eines Mobilitätskonzepts durch verdichtete Fahrzeugfolge den urbanen Verkehrsraum zu entlasten und ein hohes Marktvolumen zu erlangen.
- Anforderungen an das Gesamtfahrzeug
  - Geringes Volumen und Gewicht von Antrieb, Fahrwerk, Energiespeicher, Aufbaustruktur, Innenverkleidung und Außenhaut
  - Hohe Fahrsicherheit (aktiv / passiv) und hohes Komfortniveau
  - Geringe Herstellungskosten und hoher Kompatibilitätsgrad skalierbarer Module
  - Austauschbarkeit der Module ermöglicht die Integration alternativer Lösungskonzepte

**Umsetzungskonzept:**

- Kein ganzes Fahrzeug, sondern Modularisierung auf Komponentenebene
- Module für ein Kleinstfahrzeug im Maßstab 1:1
- Sehr flexible Adaption an einzubringende Module durch Nutzung von Industrieprofilen (geschraubt)
- Fahrzeug ist **nur bedingt fahrbereit** (dafür wären deutlich mehr Komponenten notwendig, die den Blick auf das „Wesentliche“, also die im ICM entwickelten Systeme bzw. Komponenten erschweren und die Kosten deutlich erhöhen)

Als **Designraum** wurde festgelegt:

- **Antrieb:** Antriebssteuerung, Motorregelung, Leistungselektronik, E-Motoren, Kühlsystem(e) (f. E-Motor, Leistungselektronik, Getriebe, Batterie, Brennstoffzelle), Getriebe, Gleichlaufwellen, Motor- und Getriebelagerung
- **Energieversorgung:** Batterie, Batteriemanagementsystem, Brennstoffzelle, Brennstoffzellenmanagementsystem, H<sub>2</sub>-Tank, Sicherungen, Notabschaltung, Batterieladegerät

Daneben sind Projekte willkommen, die bereits jetzt die Integration der folgenden Themen in **Antrieb und Energieversorgung** betrachten:

- **Fahrwerk:** Lenker, Federn, Dämpfer, Fahrwerkklager und Buchsen, Radlager, Räder, Reifen, Lenksystem, Fahrwerkregelsystem
- **Gesamtfahrzeug:** Rahmenkonstruktion, ggf. Sitz, ggf. Bedienelemente, ggf. Anzeigeelemente, Gesamtfahrzeugsteuerung und-regelung, ggf. Umfeldsensorik

### Konzeptkonkretisierung

Ausgehend von den initialen Anforderungen an den Versuchsträger wurde im Rahmen einer Konzeptkonkretisierung der Lösungsraum hinsichtlich der Topologie des Antriebsstrangs, der Leistungsanforderungen sowie des zur Verfügung stehenden Bauraums eingeschränkt. Im Anschluss wird das konkretisierte Konzept für den Versuchsträger näher erläutert. Zudem werden Leistungs- und Bauraumvorgaben quantifiziert.

Die folgenden Abbildungen zeigen ein Modell des Versuchsträgers, wobei die wesentlichen Bauräume für die verschiedenen Teilsysteme vorgesehen und farblich hervorgehoben sind. Die farbliche Kodierung der Bauräume entspricht dabei den folgenden Teilsystemen:

- Rot: Elektromotoren (und Gleichlaufwellen)
- Grün: Untersetzungsgetriebe
- Braun: Leistungselektronik für die Antriebseinheiten
- Gelb: Energiespeicher (Traktionsbatterie)
- Blau: Einheit für induktives Laden
- Schwarz: Wärmetauscher bzw. Lufteinlass für Kühlkreisläufe



Abbildung 3: Aufbau des Versuchsträgers mit vorgesehenen Bauräumen für die verschiedenen Teilsysteme

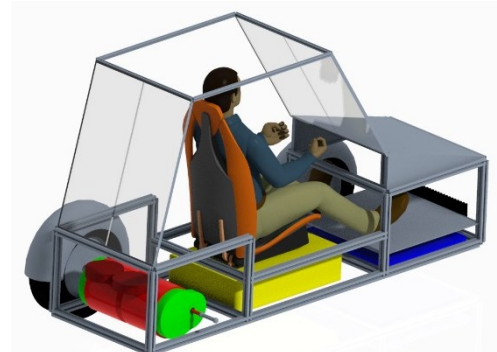


Abbildung 4: Ansicht ohne Rücksitz und Räder der rechten Seite

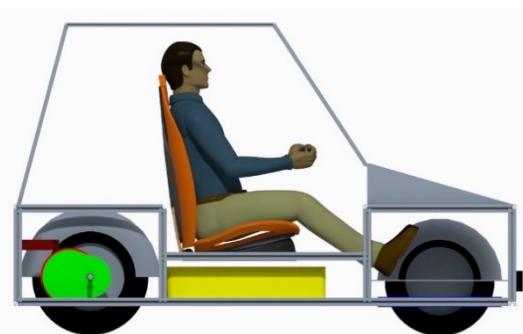


Abbildung 5: Seitenansicht rechts ohne Rücksitz und Räder der rechten Seite

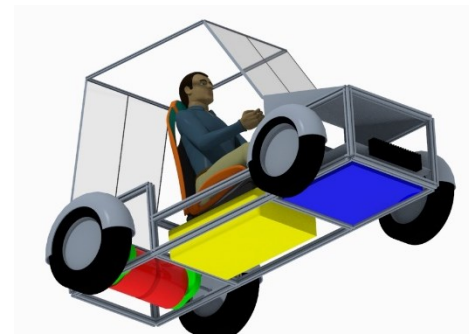


Abbildung 6: Ansicht Unterboden mit Rädern

Im Zuge der Konzeptkonkretisierung wurde die folgende **Topologie** festgelegt:

- Zwei Elektromotoren in radnaher Anordnung, zusammen mit je einem ein- bzw. motorkennfeldabhängig mehrstufigen Getriebe an der Hinterachse
- Durch die zwei unabhängigen Motoren wird die Ausfallsicherheit sowie die Fahrsicherheit durch die somit ermöglichte Drehmomentensteuerung (Torque-Vectoring) erhöht
- Ggf. Integration von Motoren, Getrieben, Leistungselektronik, Kühlung in ein Gehäuse
- Leistungsübertragung an die Hinterräder über Gleichlaufwellen mit VL-Kugel-Verschiebegelenken
- Bauraum für einen Energiespeicher (Traktionsbatterie) oder alternativ für eine Brennstoffzelle (mit zusätzlich verstautem H<sub>2</sub>-Speicher und einer kleineren Batterie) unter dem Fahrersitz
- Unterbringung einer Einheit für induktives Laden im Vorderwagen
- Zwei hintereinander angeordnete Sitzplätze, wobei der hintere Notsitz umgeklappt alternativ auch als Gepäckraum genutzt oder ggf. zur Unterbringung des Wasserstoffspeichers für die Brennstoffzelle ausgebaut werden kann
- Wärmetauscher bzw. Luftzufuhr für Kühlung über einen Einlass im Vorderwagen
- Einbringung von (drahtlosen) Sensoren in die Räder ist vorgesehen

### Bauraumvorgaben

Für die verschiedenen Teilsysteme wurden ausgehend von Abmessungen des Rahmens des Versuchsträgers sowie mechanischen Randbedingungen folgende Bauräume vorgegeben:

*Tabelle 1: Bauraumvorgaben für die relevanten Teilsysteme des Versuchsträgers*

Teilsystem	Wert			Einheit
	max	min	max	
Gesamte Antriebseinheit (2*Motor+2*Getriebe+LE+Gehäuse)	620	380	280	L·B·H mm
Seitenwelle je zwischen Rad und Getriebe	130			L mm
Energiespeicher (Traktionsbatterie) oder alternativ Brennstoffzelle unter dem Fahrersitz	700	520	220	L·B·H mm
Induktive Ladeeinheit im Vorderwagen	600	600	50	L·B·H mm
H <sub>2</sub> -Druckflasche für die Brennstoffzelle	229	900		D·H mm
Puffer-Batterie für die Brennstoffzelle	200	180	200	L·B·H mm

Die vorgesehenen Bauräume entsprechen dem insgesamt zur Verfügung stehenden Volumen und können durch die entwickelten Teilsysteme in Abhängigkeit ihrer tatsächlichen Ausmaße ausgefüllt werden. Bei darüberhinausgehenden Bauraum-Anforderungen besteht ein gewisser Spielraum hinsichtlich der Anordnung der Systeme im Versuchsträger, um die entwickelten Module im insgesamt zur Verfügung stehenden Bauraum unterbringen zu können.

### Leistungsvorgaben:

- Zusammengesetzte Nenndauerleistung des Fahrzeugs beträgt 6 kW (3 kW pro Motor)
- Höchstgeschwindigkeit mindestens 60 km/h, zur Gewährleistung einer fahrdynamikbedingten Fahrsicherheit bei der heute zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h (Klasse L6e-B)
- Reichweite bis zu 100 km
- Leistung der Brennstoffzelle im Dauerbetrieb beträgt 3 kW
- 48 V-Bordnetz, -Traktionsbatterie und -Motoren
- Zusätzliches 12 V-Netz für Betrieb von Niederspannungsverbrauchern
- Reversibel nutzbare Leistungselektronik, um Rekuperation zu ermöglichen

## Vorgaben für Antrieb

Als Grundlage für die Auslegung des Antriebs wurden auf Basis der dynamischen Anforderungen an das Gesamtfahrzeug Vorgaben für das im Dauerbetrieb minimal am Rad erforderliche Drehmoment bei verschiedenen Raddrehzahlen abgeleitet. Die angegebenen Werte beziehen sich auf das Drehmoment und die Drehzahl an je einem der beiden angetriebenen Räder und bieten somit eine Grundlage für jeweils eine kombinierte Antriebseinheit aus einem 3 kW-Motor und seinem Getriebe. Durch den Zugkraftüberschuss am Rad ergibt sich das Beschleunigungsvermögen bzw. die Steigfähigkeit des Fahrzeugs. Darüberhinausgehende Beanspruchungen können über einen Kurzzeitbetrieb der Motoren ermöglicht werden.

Tabelle 2: Anforderungen bezüglich Drehzahl und Drehmoment an jedem der beiden angetriebenen Räder der Hinterachse. Im Dauerbetriebsbereich wird durch das vorgegebene Radmoment an den beiden Antriebsrädern eine dauerhafte Steigfähigkeit von 3 % oder alternativ ein Beschleunigungsvermögen von  $0,3 \text{ m/s}^2$  ermöglicht. Darüberhinausgehende Steigungen oder Beschleunigungsvorgänge werden durch einen Betrieb der beiden Antriebsmotoren im Kurzzeitbetrieb mit den angegebenen Drehmomenten ermöglicht, wobei eine maximale Dauer im Überlastbetrieb von 10 s anzunehmen ist.

Dauerbetrieb				Kurzzeitbetrieb				
$n_{\text{Rad}}$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$M_{\text{Rad}}$ [Nm]	$\alpha_{\text{max}}$ [%]	$a_{\text{max}}$ [ $\text{m/s}^2$ ]	$n_{\text{Rad}}$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$M_{\text{Rad}}$ [Nm]	$\alpha_{\text{max}}$ [%]	$a_{\text{max}}$ [ $\text{m/s}^2$ ]	Dauer [s]
0	32	3	0,3	0	156	22	2	10
100	33			100	142	19	1,8	
200	34			200	122	16	1,5	
300	37			300	103	13	1,2	
425	43			425	80	11	0,8	
567	50			567	59	5	0,4	

Das Fahrwiderstandsdiagramm in Abbildung zeigt die angegebenen Lastpunkte. Die 3 kW-Leistungs-hyperbel entspricht dabei nicht der exakten am Rad zur Verfügung stehenden Leistung, da diese durch anfallende Getriebeverluste weiter reduziert werden.

### Anhang: Basisdaten des konkretisierten Fahrzeugkonzepts

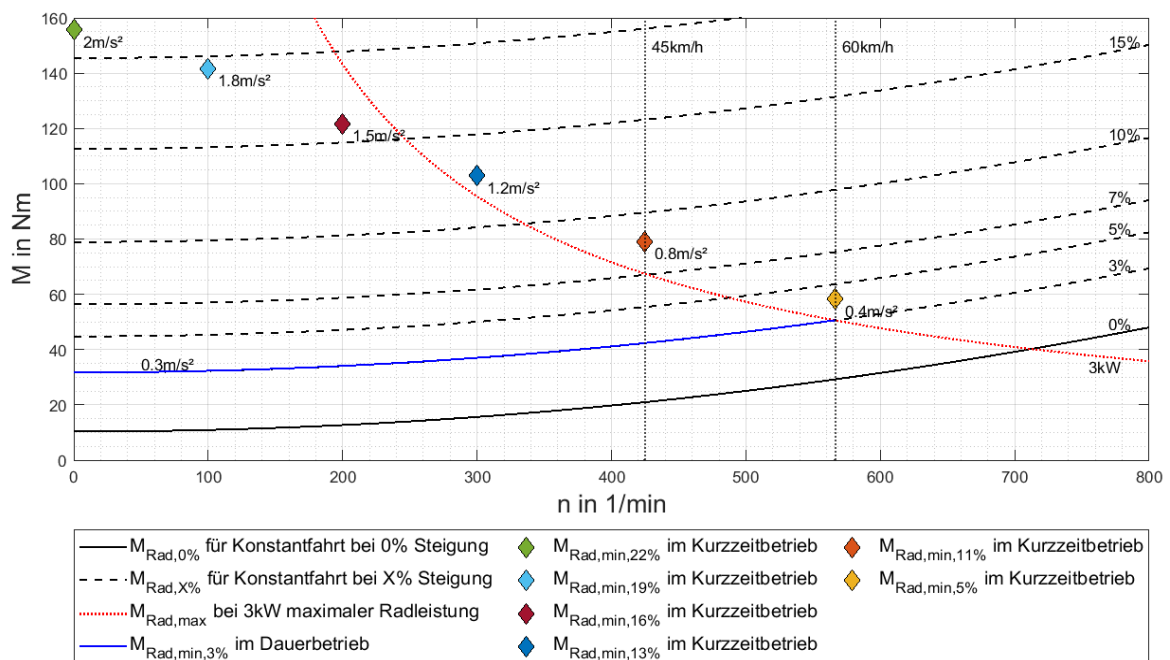


Abbildung 7: Drehzahl-Drehmoment-Diagramm für die Auslegung je einer kombinierten Antriebseinheit aus Motor und Getriebe. Beide Motoren müssen jeweils die vorgegebenen Momente bei den zugehörigen Raddrehzahlen am Rad zur Verfügung stellen. Die Getriebe der beiden Motoren müssen entsprechend der Darstellung ausgelegt werden.

In Tabelle 3 wird eine detaillierte Übersicht über das konkretisierte Konzept gegeben. Ausgehend von initialen Anforderungen an das Fahrzeug wird der Lösungsraum hinsichtlich der Fahrzeugtopologie, der Leistungsvorgaben sowie des für die verschiedenen Teilsysteme verfügbaren Bauraums eingeschränkt.

Tabelle 3: Detaillierung des konkretisierten Fahrzeugkonzepts

<b>Initiale Anforderungen an das Fahrzeug</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Anzahl Sitzplätze	1 (+1 Notsitz/Gepäckraum)	-
Karosserie	wetterfest (geschlossen)	-
Höchstgeschwindigkeit	60	km/h
Reichweite	66-100	km
Gesamtgewicht leer (ohne Batterie)	<425	kg
Spannung Bordnetz	48	V
hohe Sicherheit	passiv/aktiv	-
<b>Daraus abgeleitete Vorgaben für Topologie und Leistung</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>
Länge	2400	mm
Breite	1300	mm
Höhe	1600	mm
Radstand	1700	mm
Radaufhängung VA/HA	Doppelquerlenker	-
Federweg	+/-40	mm
Lenkung	Zahnstange	-
Bremsenart	Scheibenbremsen	-
Gleichlaufwellen-Gelenke (getriebe-/radseitig)	GI-Tripode-Verschiebegelenke	-
min. Länge Gleichlaufwelle (Mittelteil)	130	mm
Reifen VA/HA	125/80R13 / 145/80R13	-
Spurweite VA/HA	1094/1080	mm
Angetriebene Achse	HA	-
Reifendurchmesser HA	562	mm
max. Raddrehzahl (für 60km/h)	584	min <sup>-1</sup>
Getriebeübersetzung	fest, ein-/mehrstufig, abhängig vom Motorkennfeld	-
Anzahl an Motoren	2	-
Anordnung der Motoren	radnah	-
Nenndauerleistung Gesamtfahrzeug	6	kW
Nenndauerleistung pro Motor	3	kW
Gehäuse Antriebsmodule	Integriert ggf. Motoren, Getriebe, Leistungselektronik und Kühlung	-
Energiebedarf (Erwartungswert)	6-9	kWh/100 km
Kapazität Traktionsbatterie	6kWh bzw. 125Ah	-
Spannung Traktionsbatterie	48	V
Spannung Niedervolt-Nebenverbraucher	12	V