
WHITE PAPER

Warum militärische Mobilität „Commodity“ werden muss

ACS Armoured Car Systems GmbH (ACS)
Winterbrückenweg 60, 86316 Friedberg, Deutschland
Tel.: +49 - 0821 650717-0; info@acs-armcar.com

Änderungsverzeichnis:

Datum	Index	Änderungsgrund	Autor	Zustand
19.09.2022	01	Initiative Formulierung	ACS	freigegeben
14.10.2022	02	Korrektur	ACS	freigegeben

INHALTSVERZEICHNIS

I.	PRÄAMBEL	3
1.	AUSGANGSLAGE.....	3
1.1	AKTUELLE ENTWICKLUNGEN IN DER INDUSTRIE.....	3
1.2	ANFORDERUNGEN AN MILITÄRISCHE MOBILITÄT	5
2.	ERFAHRUNGEN AUS DEM GSD LUWA	7
2.1	GRUNDLAGEN GSD LUWA	7
2.2	VERFÜGBARKEIT MODERNER ANTRIEBSKOMPONENTEN.....	8
2.3	ERKENNTNISSE AUS DEM GSDLUWA ANTRIEBSSYSTEM.....	9
3.	MÖGLICHER LÖSUNGSANSATZ AB 2035 FF	13
4.	BEDEUTUNG FÜR DIE BUNDESWEHR	15
5.	FAZIT	17

I. PRÄAMBEL

Aktuell gibt es diverse Megatrends¹, die Einfluss auf die Landes- und Bündnisverteidigung nehmen. Diese Trends beeinflussen uns teilweise schon heute bzw. in Zukunft. Eine „Zeitenwende“ ist angebrochen, diverse Maßnahmen werden ergriffen, um die Resilienz unseres Landes zu erhöhen. Manche dieser Maßnahmen wirken sich schneller aus als andere. Die Firma ACS Armoured Car Systems GmbH aus dem bayerischen Friedberg bei Augsburg beschäftigt sich seit über 20 Jahren mit Schutz, Mobilität leichter und mittlerer Kräfte sowie Systemintegration und versucht, schnell, flexibel aber prozesssicher individuelle Lösungen für Militär und Polizei bereitzustellen. Unsere eigene langfristige strategische Position hinterfragen wir konstant und denken darüber nach, wie sich Streitkräfte in Zukunft aufstellen müssen, damit wir einem Aggressor siegreich entgegentreten und unsere territoriale Integrität verteidigen. In den letzten Jahren lag der Bundeswehr-Fokus auf Internationalem Krisen Management (IKM), welcher nun (wieder) vom Schwerpunkt Landes- und Bündnisverteidigung (LV/BV) abgelöst wird. Vor dem Hintergrund der russischen Invasion in der Ukraine ab dem 24.02.2022 sowie der von Bundeskanzler Olaf Scholz angekündigten „Zeitenwende“ haben wir uns gefragt, wie zukünftig (Rad-) Mobilität aussehen wird. Wir sind der Meinung, dass unser Land und Bündnis vor großen Herausforderungen steht, die die Bundeswehr, Politik und Industrie zeitnahe angehen müssen. In den kommenden 5-10 Jahren muss unser Land gewisse Leitlinien festlegen und Leitplanken für künftige militärische Mobilität festlegen. Idealerweise erfolgt dies zusammen mit unseren Bündnispartnern. Mit unserem White Paper möchten wir die Diskussion zum Zukunftsthema (Rad-) Mobilität anstoßen und mit klaren Hypothesen anregen. Während des 8. KSK Rüstungssymposiums fand eine erste kleine Diskussion unter dem Aspekt „E-Mobilität“ statt. Diese hat uns motiviert, dieses strategische Positionspapier auszuarbeiten. Bis in die 2030er steht der Bundeswehr genug Mobilität zur Verfügung, nur was ist im Anschluss?

1. AUSGANGSLAGE

1.1 Aktuelle Entwicklungen in der Industrie

Die Bundesrepublik Deutschland verfügt über eine sehr innovative, gesunde und leistungsfähige Industrie. Eine Kernindustrie in Deutschland ist die Fahrzeugindustrie bestehend aus PKWs sowie LKWs. Die Herausforderungen des Klimawandels werden immer präsenter. Sie sind spätestens mit dem Auftritt und Erfolg von TESLA Inc. in der Industrie angekommen und werden sehr ernst genommen. Dazu gibt es politischen Druck, dass die Fahrzeugindustrie „sauberer“ werden muss. Die dafür verfügbare Technologie ist u.a. die Elektrifizierung von Fahrzeugen. So haben sich die großen 3 deutschen OEMs (BMW, Mercedes, VW) zur Dekarbonisierung Ihres Produktportfolios verpflichtet. Der EU-Ministerrat hat im Juni 2022 für den Vorschlag der EU-Kommission gestimmt, sodass ab dem Jahr 2035 nur noch emissionsfreie PKWs und LKWs neu zugelassen werden können. Die Industrie ist aktuell uneinig, wie die Dekarbonisierung vonstattengehen soll. Mercedes, Audi und VW sind starke Befürworter der e-Mobilität. Bei BMW und den LKW Herstellern ist auch von Brennstoffzellen und Wasserstoff zu lesen. Fakt ist, dass sich die großen OEMs vom Verbrenner abwenden

¹ Trend, der zu großer Veränderung führt bzw. einen großen Einfluss hat

müssen und dies auch werden, wenn man politisch nicht gegensteuert – **Megatrend Dekarbonisierung**

Dazu kommen die EU-Taxonomie sowie ESG Anforderungen, welche die Politik den OEMs auferlegt. Trotz des russischen Angriffskrieges ist bisher noch keine Veränderung bei der Einstufung der Verteidigungsindustrie zu erkennen. Die Nachhaltigkeit soll das neue Kernelement des Wirtschaftens werden. Ohne Sicherheit gibt es keine Nachhaltigkeit. Der Bundesverband der Deutschen Sicherheits- und Verteidigungsindustrie e.V. (BDSV) vertritt die deutsche Verteidigungsindustrie und prangert diesen Malus weiter an. Die ESG Anforderungen werden auf kleine sowie große Unternehmen nachhaltig Auswirkung haben: mangelnder oder teurer Versicherungsschutz bzw. eingeschränkter Zugang zu Finanzierungen sind nur zwei genannte Risiken. Ein konkretes Beispiel aus unserem ACS Haus ist, dass die Allianz SE erste Versicherungen bei uns gekündigt hat, weil man das Militär als nicht ESG konform ansieht. Momentan befinden wir uns mit der Allianz SE im Austausch, wie wir weiter einen Versicherungsschutz bekommen. Egal wie dies ausgeht, die Verteidigungsindustrie wird Schaden nehmen, sie wird an Attraktivität verlieren: für Unternehmen, für Finanzierer, für Versicherer und letztlich auch für Mitarbeiter – **Megatrend Nachhaltigkeit**. Die zivile Mobilitätsindustrie wird sich dem nicht entziehen können und wir die Aktivitäten im Bereich Militär zumindest nicht forcieren.

Auch ist zu konstatieren, dass das Militär früher technologisch oft führend war. Dies hat sich im Bereich der (Rad-) Mobilität bis 15t komplett gewendet. Die genannten drei deutschen Autobauer haben in 2021 über 13.000.000 Fahrzeuge verkauft. Die Bundeswehr verfügt über ca. 15.000 Fahrzeuge. Der gesamte Fuhrpark, der bis zu 30 Jahre im Dienst bleibt, entspricht ca. 0,1% einer Jahresproduktionsmenge dieser drei OEMs. Es ist plakativ zu erkennen, dass das Militär keinen Hebel auf die zivilen Stückzahlen hat.

Bei der Innovationsgeschwindigkeit ist das Gleiche zu beobachten. Die zivile Welt unterliegt einem hohen Innovationsdruck. Änderungen fließen schnell ein und verändern das Portfolio kontinuierlich. Neue Software, neue Elektromotoren, neue Batterien, neue Materialien, usw. Die zivile Welt hat begonnen, im industriellen Maßstab effiziente, effektive und preiswerte Batterie-elektrische Fahrzeuge (BEV) zu bauen. Das Aufspielen neuer Software über Nacht per WLAN ist heute bereits Normalität, Software as a Service (SaaS) ist auf dem Vormarsch (z.B. mieten einer Sitzheizung für den Winter) oder chices Design aus Hanf, wie beim BMW i3. Diese Innovationsgeschwindigkeit und –kraft ist beeindruckend, nur hat dies nichts mit dem Militär zu tun.

Die Industrie kann dies machen, weil die Industrie über eine ausgeprägte Normung und Standardisierung verfügt. Diese Normung ist tief in jedem Fahrzeug eingebaut und damit verwurzelt. Änderungen müssen also der zivilen Normierung entsprechen, anders kann der OEM seine Prozesse, Servicerung, etc. nicht aufrechterhalten. So ist es für einen OEM schwierig ein 3.5t Fahrzeug ohne ESP zu verkaufen, weil er in der zivilen Welt dazu verpflichtet ist, ein ESP zu verbauen. Für die militärische Anwendung kann es sinnvoll sein, ohne ESP zu fahren, aber der OEM kann dies eigentlich nicht anbieten. Der gleiche Konflikt entsteht, wenn das Militär explizit Dinge fordert, die eigentlich nicht Standard eines OEMs sind. Hier ist als Beispiel Luftverladefähigkeit zu nennen, EG-Normen, Militärbatterien, Tarnlicht, EMV Schutz usw.

Jede militärische und nicht zivile Forderung verschärft den Konflikt/das Zusammenspiel aus geringen Stückzahlen, Innovation, Nachweisführung/gesetzliche Anforderungen – **Megatrend geringe Stückzahlen**

Das Militär hat aus geschäftlicher Sicht für die zivile Welt an Attraktivität verloren. Das BAANBw erkennt dies anhand der Anzahl der Angebote, die die Bundeswehr pro Ausschreibung erhält. Die Anzahl an eingereichten Angeboten pro Ausschreibung sinkt konstant. Die militärische Führung hat dies ebenfalls erkannt sowie an-/ausgesprochen.

1.2 Anforderungen an militärische Mobilität

Trotz Sondervermögen sind alle Marktbegleiter gut beraten nicht zu glauben, dass die Verteidigungsausgaben ins Unermessliche steigen werden. Die €100Mrd. Sondervermögen sind mit Projekten hinterlegt, die zwingend notwendig sind. Die Ausrüstung der Bundeswehr endet nicht nach dem Sondervermögen. Die Rückbesinnung auf LV/BV wird in Zukunft weiteres Material bedingen: z.B. durch Aufwuchs der Bundeswehr, einzelner Org-Bereiche oder im Einsatz (bis zum V-Fall) weiteres (Kriegs-) Material. Der V-Fall der Ukraine zeigt, dass viel Material in kurzer Zeit verschleißt und wieder aufgefüllt werden muss. Eine Fähigkeit benötigt Material, Personal sowie Ausbildung. Die beiden letzten Aspekte betrachten wir nachfolgend nicht weiter – **Megatrend Haushaltsdruck**

In der Veröffentlichung „Eckpunkte für die Bundeswehr der Zukunft“ steht, dass die Bundeswehr künftig mehrdimensional agiert. In Zukunft wird mit Systemen operiert, die je nach Auftrag über Schnittstellen zu Cyber, Luft, See und/oder Land verfügen. Die Gesamtsysteme werden entscheidend sein, nicht einzelne Fähigkeiten. Dies bedeutet einen massiven Aufwuchs an Komplexität dieser Gesamtsysteme. Dynamische Lagebilder, Koordinierung verbündeter Kräfte, Sensorverbunde, Energiekonzepte, Echtzeitauswertungen bis hin zu neuen Effektoren wie z.B. Laser. All dies müssen Armeen in der Zukunft abbilden. Der Drohneneinsatz der Amerikaner in Afghanistan oder gegen den IS, der Konflikt in Bergkarabach oder die russische Invasion in der Ukraine geben einen ersten Ausblick, in welche Richtung sich künftige Konflikte entwickeln. Mit einem NLOS (Non Line of Sight) Lenkflugkörper können Ziele auf eine Entfernung von vielen Kilometern wirkungsvoll bekämpft werden. Dafür ist ein ziviler Pick Up als Verbringungsmittel ausreichend. Loitering Munition ist ein weiteres Wirkmittel in der Dimension Land, welches im System komplett neue Möglichkeiten erschließt. Durch die Digitalisierung landbasierter Operationen (DLBO) wird sich die Führungsfähigkeit der Bundeswehr massiv verbessern – **Megatrend Mehrdimensional**

Diese Komplexität innerhalb der Streitkräfte kann nicht beliebig aufwachsen, da andere Megatrends dem entgegenstehen. Der Mensch ist nicht fähig, eine unbegrenzte Anzahl an Informationen aufzunehmen oder zu verarbeiten. Das Generieren von vielen Daten ist relativ einfach, das Auswerten bzw. Verarbeiten ist schwierig. Schließlich müssen auf Basis der ausgewerteten Daten Entscheidungen getroffen werden. Die Gesamtsysteme müssen ausbildbar sein und bleiben. Wir gehen davon aus, dass mittelfristig außerhalb der Bundesrepublik Deutschland bzw. Off-road kein Computer ein Fahrzeug steuern wird, sondern ein Mensch. Die innovativen zivilen Lösungen sind alle auf „120 km/h Maximalgeschwindigkeit, 2.500 kg Gewicht, 4 Reifen, durchschnittlich 80 km Fahrstrecke/Tag und auf deutschen Straßen“ ausgelegt. Im militärischen Einsatz ist davon auszugehen, dass nichts von dieser „genormten“ Welt übrig ist bzw. zur Verfügung steht. Im oben genannten Eckpunkte-

Papier steht ein weiterer sehr wichtiger Satz: „Wir brauchen eine stärkere strategische Steuerung, straffere Prozesse und eine Konzentration auf das Wesentliche.“ Als Industrie leiten wir ab, dass zukünftig robustes und möglichst einfaches Material zu bevorzugen ist. Militärische Gesamtsysteme werden zukünftig kompliziert und komplex sein. Wo möglich sollte unserer Meinung nach diese Komplexität reduziert werden – **Megatrend Kriegstauglichkeit**

Diese Auflistung an Megatrends kann man noch weiterführen, die dargestellten Trends haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zusammenfassend möchten wir festhalten, dass die zivile und militärische Welt schon heute unterschiedliche Schwerpunkte ausbilden. Gleichzeitig stehen die Militärs vor zukünftig sehr großen Herausforderungen die Komplexität einzudämmen und für den normalen Rekruten noch beherrschbar zu machen.

2. ERFAHRUNGEN AUS DEM GSD LUWA

2.1 Grundlagen GSD LuWa

Im April 2020 startete unter der Generalunternehmenschaft der INDUSTRIE-ANLAGEN-BE-TRIEBS-GESELLSCHAFT MBH (IABG) die Umsetzung des Gesamtsystemdemonstrators Luftbeweglicher Waffenträger (GSD LuWa). Ziel dieses BAAINBw Projektes war, im Angesicht der möglichen Herausforderungen eines WIESEL Nachfolgers risikobehaftete Technologie im Systemverbund zu untersuchen. Das Projekt war in sechs Teilsysteme (TS) unterteilt, u.a. TS Antrieb. ACS hat u.a. das TS Antrieb (= Antriebsstrang) verantwortet. Eine führende Handlungsleitlinie war in der Zusammenarbeit zwischen BAAINBw, IABG sowie Industrie die Einhaltung des Zeitplans. Dank Vorstudien konnte man inhaltlich bereits auf sehr viele Konzepte zurückgreifen. Konstruktiv startete man mit einem weißen Blatt Papier. Nach 12 Monaten wurde die Hardware räumlich präsentiert, nach 18 Monaten wurde der GSD LuWa Ende 2021 dynamisch präsentiert:



Kern im TS Antrieb war ein hybrides Antriebskonzept. Typischerweise haben Kettenfahrzeuge ein Überlagerungslenkgetriebe. Schwerpunkt dieser Getriebe sind Fahrzeuge mit vielen Tonnen Gewicht, wie ein Schützenpanzer PUMA. Für ein kleines Kettenfahrzeug mit ca. 5t zulässigem Gesamtgewicht (zGG) kam ein solches Getriebe aus Zeit- und Budgetgründen nicht in Frage.

Mangels Verfügbarkeit und zum Zwecke der Erprobung neuer Technologien wurde ein hybrider Antriebsstrang entwickelt und in den GSD LuWa eingebaut. Um die Zeitachse einhalten zu können, mussten wir uns auf marktverfügbare Komponenten beschränken, Sonderentwicklungen waren ebenfalls aus Zeit- und Budgetgründen nicht möglich.

Während der Entwicklung, Inbetriebnahme sowie der Erprobung des Antriebstranges konnten wertvolle Erkenntnisse gesammelt werden, die nachfolgend in dieses White Paper einfließen.

2.2 Verfügbarkeit moderner Antriebskomponenten

Kern des GSD LuWa Antriebstrangs ist ein Dieselmotor. Ein Verbrennungsmotor ist eine Verbrennungskraftmaschine, welche einen flüssigen Energieträger in mechanische Energie umwandelt. Am Verbrenner ist ein Generator angeschlossen, welcher Wechselstrom erzeugt. Dieser Wechselstrom wird „gleichgerichtet“, d.h. in Gleichstrom umgewandelt. Der Gleichstrom wird anschließend über eine Power-Distribution-Unit (PDU) im Fahrzeug verteilt, bevor bei den Elektromotoren aus dem Gleichstrom erneut Wechselstrom mittels eines Inverters erzeugt wird.

Ein PKW hat normalerweise nur 12V bzw. 24V Stromspannung an Bord, der GSD LuWa verfügt auch über 400V sowie 650V Spannung. Diese Spannungslagen nennt man Hochvolt (HV). Damit der GSD LuWa Antriebstrang funktioniert, sind diverse HV-Komponenten notwendig (u.a. der oben genannte Gleichrichter). Die zivile Industrie hat bereits eine Vielzahl an solchen HV Komponenten hervorgebracht. Diese sind nach zivilen (Automotiv-) Standards abgesichert und werden für die Großserie entwickelt. Der **Megatrend Dekarbonisierung** trägt hier wesentlich dazu bei, dass alle großen OEMs sowie Zulieferer an solchen Komponenten arbeiten. Die Leistungsparameter dieser Komponenten steigen kontinuierlich und diese Komponenten sind grundsätzlich preiswert.

Das 100% zivil getestete und erprobte Batteriemodul des GSD LuWa kostete ca. 10.000 EUR. Hätte man ein individuelles Batteriemodul entwickelt, wären die Kosten für den ersten Prototyp (!) bei ca. 500.000 EUR gelegen. Wenn man auf Serienkomponenten der zivilen Welt zurückgreifen kann, erhält man leistungsfähige, (zivile) robuste sowie preiswerte Komponenten. Möchte man Komponenten militarisieren, dann kostet dies extrem viel Zeit und viel Geld. Der **Megatrend geringe Stückzahlen** wird es zukünftig wirtschaftlich unmöglich machen, solche hybriden Antriebstränge rein nach militärischen Standards auszulegen, zu fertigen und 30 Jahre lang zu betreiben. Hier ist die zivile Welt bereits vom Militär entkoppelt und es sind keine Hinweise zu erkennen, dass sich dies wieder umkehrt.

Während des Projektes wurde der **Megatrend geringe Stückzahlen** durch den **Megatrend Nachhaltigkeit** verstärkt. Wie oben beschrieben bietet die zivile Industrie leistungsfähige Komponenten. Die Industrie ist grün – aber nicht olivgrün. Wir hatten extreme Schwierigkeiten Komponenten in geringer Stückzahl zu beziehen (**Megatrend geringe Stückzahlen**). Wenn wir transparent dargestellt haben, dass die Komponenten für einen militärischen Demonstrator vorgesehen sind, haben uns viele zivile Firmen direkt abgesagt. Die geringe Verfügbarkeit kombiniert mit den steigenden Nachhaltigkeits-Anforderungen (Stichwort: ist Verteidigung ESG konform?) gaben uns einen guten Ausblick auf die Zukunft. Wir müssen davon ausgehen, dass die zivile Industrie moderne Antriebskomponenten zum einen in geringer Stückzahl nicht zur Verfügung stellt und zum anderen diese nicht militarisiert.

Die aktuellen Lieferketten-Probleme der Elektronik-Branche sind außenvorgelassen. Im GSD LuWa haben wir alle entscheidenden Komponenten vor COVID und vor dem Chip-Mangel beschafft. Probleme mit den erforderlichen Rohstoffen (seltene Erden, Lithium, usw.) werden ebenfalls nicht betrachtet. Diese beiden Aspekte werden sich ohne Gegenmaßnahmen negativ auf den **Megatrend Kriegstauglichkeit** auswirken.

2.3 Erkenntnisse aus dem GSDLuWa Antriebssystem

Dem Team aus BAAINBw, IABG sowie Industrie ist es gelungen, innerhalb von 18 Monaten das Gesamtsystem funktional zu präsentieren. Dies war durch die Verwendung von marktverfügbaren und zivilen Komponenten sowie durch den hybriden Antriebsstrang möglich. Statt einer mechanischen Verbindung zwischen Motor und Antriebsrädern werden HV Kabel im Fahrzeug verlegt. Dies öffnet sehr viele konstruktive Freiheiten in der Anordnung von Komponenten. Bauraum ist bei einem kleinen Fahrzeug immer Mangelware und die Gewichtsverteilung ist sehr wichtig.

Elektromotoren bieten eine Vielzahl an technisch interessanten Eigenschaften: sehr hohes Drehmoment ab der „ersten Sekunde“, keine Leistungslöcher, Software eröffnet viel Fahrperformance (z.B. intelligente Drehmomentverteilung oder eine Traktionskontrolle). Die zivile Welt entwickelt wegen des **Megatrends Dekarbonisierung** in sehr hoher Geschwindigkeit neue Motoren und Komponenten. In den kommenden Jahren ist damit zu rechnen, dass es rasant Fortschritte geben wird. Nachfolgend ist der Motor „Quark“ der Motorsportfirma Koenigsegg abgebildet. Dieser Motor wiegt lt. Hersteller nur 30 kg und stellt bis zu 250 kW bzw. 600 Nm zur Verfügung.



Ähnliche Fortschritte wird es bei den Batterien geben. Der **Megatrend geringe Stückzahlen** wird

als nachteilig bestehen bleiben, was sich negativ auf den **Megatrend Kriegstauglichkeit** auswirken wird. Beispielsweise ist die EMV Verträglichkeit von solchen Elektromotoren/ Antriebslösungen oder die Klimazonenanforderungen herausfordernd. Wir können also davon ausgehen, dass zukünftige militärische Mobilitätslösungen im Kern auf zivile Elektromotoren, Batterien und HV Komponenten zurückgreifen. Die militärische Härtung der Komponenten wird auf das Minimum reduziert werden.

Gleichzeitig bauen die OEMs und Zulieferer die Fähigkeiten Ihrer Mitarbeiter im Bereich „E-Mobilität“ um, sie bauen neues Knowhow auf. Die deutsche Hochschullandschaft wandelt sich ebenfalls schon heute, die Verbrennungsmotoren werden auch dort an Bedeutung verlieren. Es wird „Dieselmotor“-Knowhow verloren gehen. Weitere technische Herausforderungen eines zukünftigen Antriebstranges, wie z.B. die Kühlung von Komponenten, werden sich unserer Meinung nach weiterentwickeln. Bei diesen Peripherie-Komponenten wird das Militär von den zivilen Entwicklungen profitieren.

Wir haben eine Vorstellung von den zukünftigen Antriebssträngen und deren Komponenten. Wenden wir uns der Frage zu, woher kommt die Energie für diese Mobilitätssysteme? Wir sind der Meinung, dass es in naher Zukunft keine reinen Elektrofahrzeuge im taktischen Militärbereich geben wird. Ausnahmen bilden Nischen-Mobilitätslösungen, die aus der zivilen Welt übernommen werden können. Dazu zählen wir beispielsweise Elektro-Motorräder. Die BwFuhrparkService GmbH kann künftig sicher auf Elektrofahrzeuge zugreifen, das sind aber keine taktischen Einsatz-Fahrzeuge. Wenn wir uns die Flutkatastrophe im Ahrtal 2021 anschauen oder den Ukrainekrieg, dann müssen wir im Einsatz davon ausgehen, dass keine Infrastruktur mehr vorhanden ist. Das bedeutet auch, dass es z.B. keine Ladestruktur gibt. Im Krisen-, Notfall-, Katastrophen- sowie Militäreinsatz benötigen wir auch nach 2035 noch flüssige und leicht zu transportierende Energieträger für taktische militärische Mobilität.

Wir kommen zu dieser Überzeugung, indem wir uns die Energiedichte anschauen. Die GSD LuWa Batterie hat eine Energiedichte von 118 Wh/kg. Man kann also 118Wh eine Stunde lange in einem Kilogramm Batterie speichern. Diese Energiedichte wird sicherlich steigen, aber nicht massiv explodieren. Bei den per heute (noch) nicht einsetzbaren „Feststoffbatterien“ spricht man von ca. 400 Wh/kg Energiedichte, diese Zahl geht vielleicht auch mal in Richtung 800 Wh/kg. Dagegen besitzt ein Kilogramm Diesel ca. 11.500 Wh. Damit befindet sich per heute ca. 100-mal so viel Energie in einem Kilogramm Diesel als in einer Batterie. Das ist ein physikalischer Fakt, der nicht wegzudiskutieren ist. Auch im Vergleich zu Zukunftsbatterien wird die Energiedichte von Diesel oder vergleichbaren Kraftstoffen ca. 15 bis 30-mal höher sein. Wasserstoff hat eine Energiedichte von ca. 33.000 Wh/kg, Methangas ca. 13.000 Wh/kg.

Da flüssiger Kraftstoff eine höhere Energiedichte hat, benötigt man weniger Kilogramm Kraftstoff für den gleichen Energiebedarf als bei einer Batterie. Diese Erkenntnis ändert sich auch nicht durch den geringeren Wirkungsgrad eines Verbrenners. Dazu kommt, dass man flüssige Energieträger viel schneller nachversorgen kann als man Batterien laden kann. Und wie oben geschrieben, ist in einem Katastrophen- oder Militärszenario von keiner Ladeinfrastruktur auszugehen.

Neben der Energiedichte müssen wir auch betrachten, dass man im Katastrophen- oder Militärszenario konstant Energie benötigt. Der Bagger im Ahrtal kann nicht nach 3h wegen leerer Batterie

aufhören zu arbeiten. Die zivile PKW Welt orientiert sich sehr genau am Szenario „120 km/h Maximalgeschwindigkeit, 2.500 kg Gewicht, 4 Reifen, durchschnittlich 80 km Fahrstrecke/Tag und auf deutschen Straßen“. Die LKW Welt macht das gleiche, nur geht man dort von höheren Gewichten aus.

Wir haben ermittelt, dass ein kleines taktisches Gefechtsfahrzeug durchschnittlich ca. 80 kW pro Stunde für Fahren, Funken, Schießen, Aufklären, Verzögern benötigt. Die erforderliche Leistung ist selbstverständlich von vielen Variablen abhängig. In unserem Beispiel entsteht also während eines 24h Einsatzes ein Gesamtenergiebedarf von 1.920 kWh. Bei der im GSD LuWa eingesetzten Batterie entspricht dies per heute ca. 16.000 kg Batterien (1.920 kWh/ 118 Wh/kg = 16.271 kg). Betrachten wir nachfolgend andere Energiebedarfe pro Stunde und verschiedene Energiedichten von Batterien, die es heute noch gar nicht gibt:

Energiebedarf kW pro Stunde	Energiedichte Batterie Wh/kg				
	118	200	300	400	500
40	8.136	4.800	3.200	2.400	1.920
50	10.169	6.000	4.000	3.000	2.400
60	12.203	7.200	4.800	3.600	2.880
70	14.237	8.400	5.600	4.200	3.360
80	16.271	9.600	6.400	4.800	3.840
90	18.305	10.800	7.200	5.400	4.320
100	20.339	12.000	8.000	6.000	4.800
110	22.373	13.200	8.800	6.600	5.280
120	24.407	14.400	9.600	7.200	5.760

Wir stellen fest, dass auch bei Batterien mit höherer Energiedichte bzw. weniger Energiebedarf pro Stunde das Gewicht hoch bleibt. Wenn wir Batterien mit höherer Energiedichte verwenden (z.B. 400 Wh/kg), beträgt das ausschließliche Batteriegewicht für die Bereitstellung der Energie ca. 4.800 kg. Aus Vereinfachungsgründen haben wir einen Wirkungsgrad von 100% angenommen, welcher nicht realistisch ist. Die Realität wird also schlechter ausfallen. Die Fahrzeuge der GFF1 Klasse oder SSA-Wölfe haben ein zulässiges Gesamtgewicht von ca. 5.000 kg. Dieses Gewicht wäre nur für die Batterien notwendig. Daraus resultiert, dass diese agile GFF1 Klasse komplett verschwinden würde, wenn man rein auf militärische, taktische Elektrofahrzeuge setzt.

Betrachten wir die Bereitstellung von Energie durch Diesel. Moderne Dieselmotoren haben einen Wirkungsgrad von bis zu 50%. Für unser Beispiel gehen wir von einem Wirkungsgrad von 28% aus. Dies bedeutet, dass man 310 g Diesel für die Bereitstellung von einer kWh benötigt.

Wirkungsgrad η Dieselmotor

100%
310 g/kWh
11,5 kWh/kg
28,1% η

Auf dieser Basis benötigt man knapp 600 kg (= ca. 713 Liter) Diesel für den notwendigen Gesamtenergiebedarf von 1.920 kWh. Diese 600 kg entsprechen ca. 4% des Batteriegewichtes.

Energiebedarf kWh

80 kWh	Energiebedarf / Stunde
310 g/kWh	Spezifischer Kraftstoffverbrauch
24.800 g	Entspricht Diesel in g/h
24,8 kg	Entspricht Diesel in kg/h
29,70 l	Entspricht Diesel in l/h
712,81 l	24h Auftrag in l
595,20 kg	24h Auftrag in kg

Abschließend möchten wir das Thema Energiebedarf noch aus dem Blickwinkel Nachversorgung betrachten. Irgendwann ist jede Batterie oder jeder Tank leer. Die Geschwindigkeit der Nachversorgung ist wichtig, um möglichst schnell die weiteren Aufträge ausführen zu können. Sowohl im Katastrophen- als auch Militäreinsatz ist Zeit eine kritische Größe. Wir bleiben bei unserem obigen Beispiel des taktischen Fahrzeuges, welches in 24h einen Energiebedarf von 1.920 kWh hat. Das „Auffüllen“ dieses Energiebedarfs dauert bei aktuellen Batterien ca. 38,4 h, bei einem Diesel ca. 1,2h.

Nachversorgung

1.920 kWh	Gesamtenergiebedarf
50 kW	Auflade-Leistung
38,4 h	Dauer Aufladen
1.920 kWh	Gesamtenergiebedarf
712,81 l	24h Auftrag in l
10 l/min	Tankgeschwindigkeit
1,2 h	Dauer Tanken

Wir können also davon ausgehen, dass zukünftige Mobilitätslösungen für den Krisen-, Notfall-, Katastrophen- sowie Militäreinsatz auf flüssigen Energieträgern basieren, um in Gebieten ohne Infrastruktur agieren bzw. um Aufträge erfüllen zu können, um leicht zu bleiben und um schnell auftankbar zu sein. Die alte militärische Weisheit bleibt bestehen: „Amateure sprechen von Strategie, Profis von Logistik“.

Welcher flüssige Energieträger sich durchsetzt ist unserer Meinung nach offen und kann noch beeinflusst werden. Die zivilen PKWs gehen in Richtung Batterie, dies ist für das Militär keine Option. Bei den LKWs denkt die zivile Welt aktuell an Wasserstoff. Dieser Energieträger hat eine hohe Energiedichte. Die Logistik rund um Wasserstoff wird herausfordernd sein.

3. MÖGLICHER LÖSUNGSANSATZ AB 2035 FF

Bis weit in das 2030er Jahrzehnt ist damit zu rechnen, dass die OEMs genügend Mobilitätslösungen mit Verbrennungsmotoren anbieten. Ersatzteile sind bis in 2040 beziehbar. Aber was kommt danach? Für die Zeit der Beschaffung neuer Mobilitätslösungen ab 2030 ff (**nahe Zukunft**) besteht das Risiko, dass Katastrophenhilfe und Militär nicht ausreichend mobil sein werden. Da die Megatrends die zivile von der militärischen Welt auseinandertreiben, möchten wir gerne einen Beitrag leisten, damit die strategische Diskussion startet, wie in Deutschland zukünftig solche Mobilitätslösungen aussehen können.

Ein besonderes deutsches Risiko für künftige militärische Mobilität stellen Energiequellen sowie —erzeugung dar. Wir haben dargelegt, warum die Energiequelle in **naher Zukunft** flüssige Energiequellen sein werden. Ob dies Benzin, Diesel, Wasserstoff oder eFuels sind, muss erarbeitet und festgelegt werden. Wir müssen auch für ausreichend Nachschub dieser Energiequelle sorgen. Aktuell ist die gesamte Heereslogistik der NATO und Bundeswehr i. W. auf den Kraftstoff Diesel ausgerichtet. Daneben gilt es zu beachten, dass die Kraftstoffqualität variieren kann. Dieselmotoren in Zentraleuropa hat eine höhere Qualität als z.B. in Afrika (mehr Schwefelanteile). Die Sicherstellung der flüssigen Energiequellen/Treibstoffe hat unserer Meinung nach hohe Priorität, da die Energiequellen der Anfang jeder Mobilitätslösung sind. Neben der zukünftigen (Rad-) Mobilität wird dies auch besonders mittlere und schwere Kräfte betreffen (z.B. Schützenpanzer, Kampfpanzer), Schiffe der Marine sowie Luftfahrzeuge (z.B. schwerer Hubschrauber oder Kampffjet). Die Sicherstellung flüssiger Energiequelle ist unserer Meinung nach eine hoheitliche Aufgabe des Staates. Heute verbraucht Deutschland knapp 40 Mrd. Liter Diesel jährlich, Tendenz abnehmend. Dies entspricht einem quadratischen Swimming-Pool von ca. 900m Länge und 50m Tiefe.

Wenn ein Energieträger zur Verfügung steht, muss dieser umgewandelt werden. Wie oben ausgeführt sehen wir für die Energieerzeugung in **naher Zukunft** den Verbrennungsmotor führend. Dafür kann kein ziviler Motor verwendet werden, denn das Militär muss das Thema „Schlechtkraftstoffe“ mit bedenken. Zivile Motoren müssen heute so rein wie möglich verbrennen. Dies funktioniert nur mit einem qualitativ hochwertigen Treibstoff. Diese zivilen und sauberen Motoren funktionieren aber nicht z.B. in Afrika. Die luftbeweglichen Kräfte haben schon immer die Anforderung, dass deren Mobilitätslösungen auch mit Schlechtkraftstoff oder Kerosin zu betreiben sind (entspricht ungefähr einem Dieselmotor mit EURO 3 Abgasnorm). Bei der Energiequelle Wasserstoff oder Methanol kann man auch an Brennstoffzellen denken. Die besonderen Anforderungen an Lagerung und Verbringung von Wasserstoff muss beachtet werden. Durch den zivilen **Megatrend Nachhaltigkeit** werden die Verbrennungsmotoren in Europa jedoch an Bedeutung verlieren. Auf anderen Kontinenten wird dieser Megatrend in **naher Zukunft** noch nicht so ausgeprägt sein. Der russische Angriffskrieg zeigt zwei Dinge: Russland hat Probleme durch die Wirtschaftssanktionen Europas und den USA. Gleichzeitig haben wir in Europa Probleme durch die Abhängigkeit von russischer Energie. Jede Form von Abhängigkeit ist für unsere Sicherheit grundsätzlich abzulehnen. Daher sollten wir uns nicht auf mögliche Energieerzeuger anderer Kontinente verlassen. Demnach halten wir die Sicherstellung geeigneter europäischer Energieerzeuger ebenfalls für eine hoheitliche Aufgabe des Staates. Sowohl die Sicherung der Energieträger als auch der Energieerzeuger kann in industrielle Hände gelegt werden. Ohne staatliche Initiative wird dies aber nicht passieren.

Aus dem **Megatrend Nachhaltigkeit** und dem **Megatrend Dekarbonisierung** müssen wir ableiten, dass zukünftige Mobilitätslösungen auch aus Elektrokomponenten bestehen. Basis dieser Komponenten sind zivile Bauteile, da der **Megatrend kleine Stückzahlen** und der **Megatrend Haushaltsdruck** nicht zulassen werden, dass teure Sonderkomponenten für geringe Stückzahlen entwickelt, produziert und vorgehalten werden. Der Staat muss also auch hier sicherstellen, dass passende Komponenten für Mobilitätslösungen zur Verfügung stehen. Die Industrie wird, ohne einen klaren und kalkulierbaren Auftrag zu haben, nicht in Vorleistung gehen (können).

Der nachfolgende Lösungsvorschlag für militärische Mobilitätslösungen in **naher Zukunft** ist die logische Konsequenz aus den bestehenden **Megatrends**. In der Industrie gibt es heute bereits solche Modelle: **standardisierte Mobilitätsplattformen (SMP)**. Große OEMs im LKW Bereich praktizieren das schon heute. So stellen u.a. IVECO, Daimler Truck oder andere Hersteller ihre standardisierten Chassis Aufbauherstellern zur Verfügung. In Aufbauhersteller-Richtlinien sind die Schnittstellen zwischen dem Aufbau und dem Chassis genau beschrieben und definiert. Die Anforderungen an einen Aufbau sind spezifiziert, sodass jeder Aufbauhersteller feste Rahmenbedingungen vorfindet, in denen das Chassis mit Aufbau als Einheit funktioniert. Der OEM übernimmt dann auch Garantie und Gewährleistung für seine Umfänge. Gängige Beispiele für dieses Industriemodell sind Betonmischer, Kühllaster oder Müllentsorgungsfahrzeuge. Die Schlüsseltechnologie dieser SMPs ist jeweils der Antriebsstrang. Der Staat ist insbesondere gefordert den Antriebsstrang zu sichern sowie: Energieträger, Energieerzeugung und die kritischen Einzelkomponenten, wie militärisch gehärtete Bauteile (Steuergeräte, HV Komponenten, Reifen, usw.).

Solche SMPs haben unserer Meinung nach für den Staat viele Vorteile und passen unter anderem zu den militärischen **Megatrends Mehrdimensional** sowie **Kriegstauglichkeit**. Das Wissen zur Herstellung solcher SMPs liegt vollständig in unserem Land. Wegen der **Megatrends kleine Stückzahlen, Dekarbonisierung** sowie **Nachhaltigkeit** wird die Industrie von sich aus nicht in Vorleistung gehen bzw. Kapazitäten vorhalten.

Aktuell verfügt die deutsche Industrie über alle Fähigkeiten solche SMPs zu entwickeln und zu produzieren. Die Industrie wird dies aber in **naher Zukunft** ohne politisches Handeln beenden bzw. reduzieren. Daher ist nun ein geeigneter Zeitpunkt sich kritisch mit diesen Herausforderungen auseinanderzusetzen. Möchte man beispielsweise eFuels setzen, dann erfordert dies massive Investitionen, um ausreichend viel eFuel produzieren und lagern zu können. Diese strategischen Maßnahmen müssen wohl überlegt sein. Die genaue Umsetzung eines SMP Konzeptes kann vielfältig sein.

4. BEDEUTUNG FÜR DIE BUNDESWEHR

Grundsätzlich ist die Standardisierung von Mobilität nicht im Sinne des Militärs. Bedingt eine Fähigkeitslücke eine bestimmte Form der Mobilität, dann liegt es im Interesse des Militärs diese Form von Mobilität zur Verfügung gestellt zu bekommen. Es gibt aber viele Standardisierungen, die heute nie jemand anzweifelt: z.B. Kraftstoffe, Batterien, Munition. Selbstverständlich gibt es militärisch gesehen Bedarf an einer beispielsweise besonderen Munition. Jedoch steht der Aufwand der Entwicklung, Absicherung, Einführung, Produktion und Lagerung einer neuen Munition i.d.R. nicht im Verhältnis zum Nutzen. Wir sind der Meinung, dass dies in **naher Zukunft** auch bei der Mobilität bzw. dem Antriebsstrang der Fall sein wird. Die Kombination aus Energiequelle, Energieerzeugung kombiniert mit Elektrokomponenten wird den Militärs trotz SMP auch weiterhin Spielraum lassen (Stichwort Software).

Neben Argumenten gegen solche SMPs gibt es unserer Meinung nach auch sehr viele Aspekte die für so ein Konzept sprechen. Der **Megatrend Haushaltsdruck** in Kombination mit der Anforderung nach höheren Stückzahlen von Fahrzeugen für z.B. LV/BV erfordert, dass Mobilität preiswert bleiben bzw. werden muss. Wenn sich die Industrie allerdings aus dem Kern der militärischen Mobilität verabschiedet, dann werden die Preise für die militärische Mobilität steigen. Die SMPs sind eine gute Möglichkeit Bauteile zu homogenisieren, Skaleneffekte zu schaffen und Planbarkeit herzustellen. Dies führt zu sinkenden bzw. nicht weiter steigenden Kosten.

Der **Megatrend Mehrdimensional** zeigt, dass Mobilität zwar eine sehr wichtige Fähigkeit des Militärs ist und bleibt, allerdings diese einzelne Fähigkeit im Verbund an Bedeutung verliert. In der Ukraine sind viele schultergestützte Lenkflugkörper im Einsatz. Diese Wirkmittel sind leicht, leicht zu bedienen, haben ein sehr hohes Schaden-Herstellkosten-Verhältnis und verfügen heute schon über Reichweiten von 2 – 30 km. Loitering Munition ist ein ähnliches Wirkmittel, welches es nicht mehr notwendig macht, sehr nahe am Feind zu sein. Daher leiten wir ab, dass Mobilität selbstverständlich sehr wichtig bleibt, aber z.B. im Verbund mit modernen Wirkmitteln nicht maximiert werden muss. Man muss bei den Reichweiten-Wirkmitteln nur noch „in die Nähe“ des Feindes kommen. Mit der Digitalisierung landbasierter Operationen (D-LBO) stehen wir am Anfang die Führungssysteme der Bundeswehr komplett neu aufzustellen. Mobilitätsplattformen werden fahrende IT-Knoten und Datenserver. Auch dies spricht unserer Meinung nach für SMPs. Fest definierte Schnittstellen, Verbindungspunkte, Energiebilanzen etc. werden ein Schlüssel sein, dass Fahrzeuge in das zukünftige Gefechtsfeld eingebunden werden können. Standardisierung kann auch massiv dazu beitragen, dass z.B. die Ausbildung vereinfacht wird. Wir stehen erst am Anfang der ansteigenden Komplexität des **Megatrends Mehrdimensional**. Wenn man parallel die Komplexität nicht reduziert, besteht das Risiko, dass wir uns in **naher Zukunft** in der Planung, Beschaffung, Ausbildung und Nutzung noch mehr verzetteln.

Auch der **Megatrend Kriegstauglichkeit** spricht unserer Meinung nach für solche SMPs. Die Streitkräfte benötigen für ihren Einsatz kriegstaugliches Material. Journalisten der ESuT haben versucht den Begriff wie folgt zu definieren: *„Kriegstauglichkeit ist die nachgewiesene Eignung, mit eigenen personellen, materiellen, infrastrukturellen, organisatorischen sowie betrieblichen Fähigkeiten, weitestgehend ohne Abstützung auf Leistungen Dritter, im dauerhaften, hochintensiven Gefecht mit einem gleichwertigen Gegner erfolgreich zu sein.“* Mittels SMPs kann man die Komplexität der

Kriegstauglichkeit reduzieren. Der Anspruch der oben genannten Definition ist hoch. Standardisierte Mobilitätsträger haben Vorteile in der Ausbildung sowie später im Betrieb der Fahrzeuge. Ausgebildete Soldaten können verschiedene Fahrzeugkonzepte fahren und gleichzeitig werden Kraftfahrer bzw. Subsysteme austauschbar. Die SMPs müssen so entwickelt bzw. beschafft werden, dass die materielle Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft hoch ist. Die zivilen **Megatrends Nachhaltigkeit, Dekarbonisierung** und **geringen Stückzahlen** werden dies erforderlich machen. Ohne eine Standardisierung bzw. langfristige Planbarkeit solcher Plattformen wird die materielle Verfügbarkeit ein großes Problem werden. Dies gilt insbesondere für den Antriebsstrang (Kraftstoff, Motor/Zelle sowie Hauptkomponenten wie Hochvoltssysteme, Batterien, Steuergeräte, Reifen, usw.). Abschließend bedeutet Kriegstauglichkeit auch eine möglichst geringe Abhängigkeit von Dritten. Wir benötigen als Bundesrepublik Deutschland und mit unseren Bündnispartnern Lösungen, die möglichst autark sind. Auch hier ist der Antriebsstrang erneut hervorzuheben: Kraftstoff, Motoren, Getriebe usw. Organisatorisch entstehen ebenfalls eine Vielzahl von Vorteilen für die Bundeswehr. Wenn die SMPs definiert sind, die Rahmenbedingungen für mögliche Aufbauten abgesteckt sind, dann können die SMPs erprobt, getestet und eingeführt werden. Wenn dies einmal exerziert worden ist, kann die Bundeswehr Beschaffungen neuer Mobilitätslösungen auf Basis der SMPs beschleunigen und den Verwaltungsaufwand reduzieren (Service, Dokumentation, WTD usw.).

Die Bundeswehr kann ein SMP Konzept nicht selbst umsetzen. Die Industrie kann dies für die Bundeswehr z.B. in einer PPP (Public Private Partnership) übernehmen. Wettbewerbsrechtlich halten wir einen solchen Weg für umsetzbar. In der Industrie gibt es heute schon viele solcher Aufbauhersteller-Geschäftsmodelle. Wir halten es für essentiell wichtig, dass die IP dieser SMPs beim Staat liegt und gleiches gilt für den Zugriff auf die oben genannten kritischen Komponenten, i.W. Antriebsstrang. Dann können die SMPs den Aufbauherstellern beigestellt werden. Der Wettbewerbs- sowie Innovationsgedanke in der Industrie bleibt erhalten. Er bezieht sich dann z.B. auf den Aufbau, Fahrwerk und das Gesamtsystem.

Im aktuellen CPM Prozess der Bundeswehr könnte man in der Analysephase die jeweilige SMP auswählen. Abhängig von der Fähigkeitslücke und der Funktionalen Forderung (FFF) gibt es dann beispielsweise vier SMPs für verschiedene Tonnagen: 3.5t, 6t, 10t, 15t oder für verschiedene Mobilitätsanforderungen: niedrig, mittel, hoch (SpezKr). Die SMP wäre damit früh definiert, Leistungsparameter bekannt. Wenn im Projektverlauf z.B. höhere Zuladung erforderlich wird, kann die SMP angepasst werden.

5. FAZIT

Ziel dieses White Papers ist, auf Basis unserer subjektiven Erfahrungen und Einschätzungen aus unserer Zusammenarbeit mit zivilen OEMs, Systemhäusern und der Bundeswehr sowie dem Projekt Gesamtsystemdemonstrator Luftbeweglicher Waffenträger (GSD LuWa) einen Ausblick auf die nahe Zukunft (2035 ff) der leichten, taktischen und militärischen Mobilität zu geben. Wir möchten unseren Beitrag leisten, in die Diskussion dieses Themas frühzeitig einzusteigen. Wir kommen abschließend zu folgenden Hypothesen:

1. Die zivile Mobilität wird sich aufgrund der Anforderungen an Nachhaltigkeit, Dekarbonisierung sowie den geringen militärischen Stückzahlen immer weiter von der militärischen Mobilität entfernen.
2. Die zivile Mobilität wird in Zukunft führend für die militärische Mobilität sein. Die militärische Mobilität wird sich aufgrund der geringen Stückzahlen nach der zivilen Mobilität richten müssen.
3. Das Militär wird auch in Zukunft unter Haushaltsdruck stehen. Gleichzeitig braucht das Militär kriegstaugliches Material, welches in einem mehrdimensionalen Umfeld eingesetzt wird.
4. Die militärischen Mobilitätslösungen der nahen Zukunft werden auf flüssige Energiequellen setzen. Der Energieträger wird mit einem Schlechtkraftstoff-fähigen Verbrennungsmotor verstromt und auf Basis ziviler Antriebskomponenten in Bewegung umgesetzt.
5. Der Staat muss mit der Industrie einen Weg erarbeiten, wie die militärische Mobilität in naher Zukunft gestaltet wird. Der Staat muss die Kernbausteine von militärischen Antriebssträngen vorgeben bzw. für die Industrie planbar gestalten: Energieträger (welcher Kraftstoff?), Energieerzeuger (welcher Motor?) sowie Kernkomponenten (Motoren, Steuerungen, Reifen, usw.).
6. Ein Lösungsvorschlag ist, dass Bundeswehr und Industrie standardisierte Mobilitätsplattformen (SMP) definieren, entwickeln, produzieren, vorhalten und betreiben, für die der Staat die Fertigung und Versorgung aufrechterhält.
7. Für die Bundeswehr bedeutet dies beim Thema Mobilität (theoretische) Einschränkungen, die in Anbetracht mehrdimensionaler Operationen und Kriegstauglichkeit vertretbar erscheinen. Dagegen bringen solche SMPs deutliche Vorteile bei Ausbildung, Kosten, Verwaltung (von Erprobung bis Dokumentation) und reduzieren die Gesamtkomplexität künftiger militärischer Mobilitätsanwendungen massiv.