

## Zur Zukunft des Kampfpanzers.

„Das Heer stapelt Blech“ – so lautete eine Meldung im Jahr 2003, als das Heer noch 1 712 KPz im Bestand hatte – obgleich nach der Auflösung des Warschauer Paktes keine Panzerbedrohung aus dem Osten mehr bestand. In den Folgejahren standen für die Bundeswehr lange Zeit Stabilisierungsoperationen im Ausland im Vordergrund und es wurden vorrangig nur noch geschützte Radfahrzeuge beschafft. Der Panzerbestand wurde drastisch von 5 212 KPz (1989) auf 225 (2011) Fahrzeuge reduziert. Fünfzehn Jahre später hat sich die Situation spürbar geändert: Aufgrund des Expansionsstrebens Russlands rückt nunmehr die Landes- und Bündnisverteidigung überraschenderweise wieder in den Vordergrund. Dies zeigt, dass sichere Prognosen über eine zukünftige Entwicklung der sicherheitspolitischen Weltlage – und damit eine (sichere) strategische Vorausschau – praktisch nicht möglich sind. An die Stelle des kalten Krieges zwischen den beiden potenziellen Weltmächten sind in den vergangenen 30 Jahren in der multipolaren Welt eine Vielzahl von regionalen Konflikten getreten – damit ist das Aufgabenspektrum der Streitkräfte erheblich komplexer geworden.

In Verbindung mit der aktuellen sicherheitspolitischen Lage erlebt nun der Kampfpanzer eine erneute Renaissance. Eine Reihe von Staaten planen langfristig die Neuentwicklung eines KPz oder zumindest mittelfristig die Modernisierung eingeführter Modelle:

- ▶ **Deutschland:** mittelfristig: Einführung von 103 KPz in der Version LEOPARD 2 A7V und Aufbau von zwei zusätzlichen Panzerbataillonen – langfristig: Entwicklung eines neuen Gefechtssystems (MGCS) zusammen mit FR,
- ▶ **Großbritannien:** Modernisierung des KPz CHALLENGER 2 („Life Extension Programme“, LEP),
- ▶ **Frankreich:** Modernisierung des KPz LECLERC („Renovated LECLERC“), langfristig: Entwicklung des MGCS zusammen mit Deutschland,

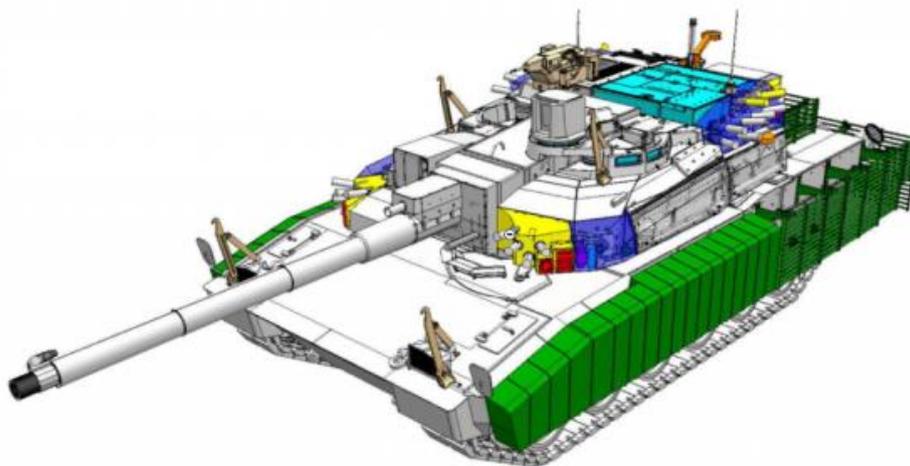


Bild: Renovated LECLERC

- ▶ **USA:** Modernisierung des KPz M 1 ABRAMS auf Stand M 1 A2 SEPv3 (2018) – mittelfristig:  
eine weitere Modernisierung auf Stand M 1 A2 SEPv4 (2022), parallel dazu:  
Neuentwicklung eines Waffensystems im Rahmen des NGCV-Programms (Next Generation Combat Vehicle),
- ▶ **Russland:** kurzfristig: Modernisierung der KPz Typen T-80 BVM, T-72 BM und T-90 M,  
mittelfristig: Einführung des neuen KPz T-14 ARMATA,
- ▶ **Türkei:** Einführung des neuen KPz ALTAY.

Im folgenden Teil sollen einige Aspekte zur technischen Auslegung eines zukünftigen Gefechtssystems betrachtet werden.

### **Missionsanalyse, Bedrohungsanalyse.**

Grundlage für die Auslegung und Konzeption eines zukünftigen Gefechtssystems sind die militärischen Forderungen, die im Wesentlichen auf einer Missionsanalyse und einer korrespondierenden Bedrohungsanalyse beruhen. Basis der Missionsanalyse sind Szenarien, in denen der Bedarfsträger das zukünftige Waffensystem einsetzen will. Bereits hier greifen die eingangs beschriebenen Probleme einer sicheren Analyse zukünftiger Konfliktbilder. Somit muss die Missionsanalyse eine größere Bandbreite von Szenarien abdecken. Naheliegender Weise reichen die Szenarien:

- ▶ von asymmetrischen Gefechten von geringer bis zu höheren Intensitäten, die sich sowohl in offenen Räumen wie auch in urbanen Regionen abspielen können,
- ▶ bis zu symmetrischen Gefechten hoher Intensität mit einem gleichwertigen Gegner.

Bei allen Szenarien muss damit gerechnet werden, dass der Gegner Methoden der hybriden Kriegsführung anwendet und dass der Krieg im Cyber-Raum eine wichtige Rolle spielen wird.

Aus der Missions- und der Bedrohungsanalyse können die Aufgaben und die Fähigkeiten des zukünftigen Gefechtssystems u. a. bezüglich der Wirkkomponenten (Feuerkraft), der Schutzauslegung und der Mobilität abgeleitet werden. Hier wird erkennbar, dass sich die Anforderungen an ein Waffensystem, welches für symmetrische Gefechte ausgelegt werden soll und einem System, welches für asymmetrische Gefechte in überwiegend urbanen Räumen bestmöglich geeignet sein soll, erhebliche Unterschiede bestehen:

Ein zukünftiges Gefechtssystem für symmetrische Gefechtsszenarien muss über eine leistungsfähige und weitreichende Waffe mit verschiedenen Munitionsarten – vorwiegend zur Bekämpfung schwer gepanzerter Punktziele - verfügen. Neben einem Minen- und Bomblettschutz wird der Schutz in einem Bereich frontal +/- 30 Grad optimiert, bzw. maximiert. Insgesamt sollten die ausgewählten Technologien möglichst einen polyvalenten Schutz bieten. Damit erhalten die Landstreitkräfte ein duellfähiges System, welches in den Hauptgefechtsarten: Angriff, Verteidigung und Verzögerung geeignet ist und sich durch eine hohe Durchsetzungsfähigkeit und Stoßkraft sowie über eine hohe Standfestigkeit und Einsatzautonomie verfügt.

Ein Gefechtssystem, welches für asymmetrische Gefechtsszenarien in überwiegend urbanen Räumen eingesetzt werden soll, sollte über einen Waffenmix verfügen, mit dem auf kurze

und mittlere Entfernungen ein breitbandiges Zielspektrum wirksam bekämpft werden kann. Wünschenswert wäre dabei eine skalierbare Waffenwirkung inkl. der Einsatzmöglichkeit nicht-letaler Waffen. Auch für die sniper-Abwehr sollte eine wirksame Technologie zur Verfügung stehen. Das System muss über einen hochwirksamen, sphärischen Schutz verfügen, da in diesen Szenarien die Bedrohung von allen Seiten (inkl. Boden und Dachpartien) zu erwarten ist.

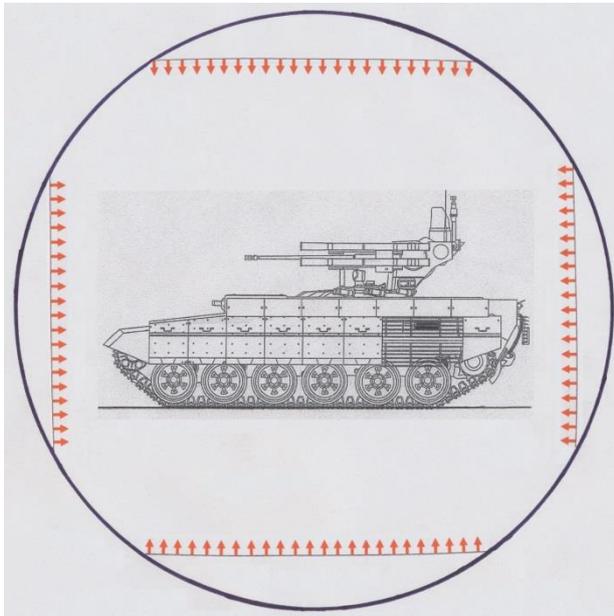


Bild: Rundum (sphärische) Bedrohung eines Kampfpanzers in urban ops. Entsprechend muss auch der Schutz sphärisch ausgelegt werden!

### **Konzeptionelle Überlegungen.**

Unter Berücksichtigung der aufgeführten Randbedingungen stellt sich die Frage, ob die vielfältigen Aufgaben durch ein einziges, Universal-Waffensystem oder durch mehrere, spezialisierte Systeme wahrgenommen werden sollen. Jede Lösung hat ihre spezifischen Vor- und Nachteile:

Die Realisierung eines Universal-Waffensystems würde zu einem relativ großen und hochkomplexen Fahrzeug mit extrem hohen Anforderungen an die Besatzung und an die Materialerhaltung führen. Mit dem KPz 70 hat die Bundeswehr mit dieser Auslegungsphilosophie schon einmal schlechte Erfahrungen machen müssen. Neben den klassischen Aufgaben für die Besatzung wird in Zukunft die Bedienung und Überwachung eines Robotik-Elementes, die Bedienung einer externen Waffenstation und die Bedienung der Führungsmittel inkl. Validierung der eingehenden Informationen eine deutlich höhere Belastung darstellen. Ein höherer Automatisierungsgrad des Waffensystems wäre unerlässlich. Auch bei Einsatz eines Ladeautomaten für die Hauptwaffe wird aufgrund der höheren Aufgabendichte zu überlegen sein, dennoch eine 4-Mann-Besatzung beizubehalten. Die Kombination der unterschiedlichen Schutzforderungen in einem einzigen Fahrzeug dürfte zu einem Gefechtsgewicht im Bereich von 75 – 85 to führen, da gegenüber dem klassischen Duellsystem nun auch die Restflächen ein relativ hohes Schutzniveau aufweisen müssen. Neben der weitreichenden Hauptwaffe müssten mehrere Sekundärwaffen

(Mittelkaliber und LFK-Launcher) installiert werden, die ebenfalls zu dem hohen Gefechtsgewicht beitragen. Der Einsatz eines rundum im Nächstbereich wirksamen hard-kill-Systems ist obligatorisch (Bild). Selbst wenn die finanziell verfügbaren Ressourcen die Realisierung eines derartig hoch komplexen Universal-Waffensystems mit mglw. ca. 70 Betriebsarten zulassen würden, so würde am Ende **die Leistungsfähigkeit der Besatzung die effektiv erreichbare Systemleistung bestimmen!** (Bei aller Technikbegeisterung darf nicht vergessen werden: den Ausgang eines Gefechtes wird zu ca. 50 % durch die Fähigkeiten der Besatzung bestimmt! Hier kommt es auf eine schnelle und fehlerfreie Zusammenarbeit aller Besatzungsmitglieder an – und ausschlaggebend ist auch das Durchstehen der psychischen Belastung im Kampf)!



Bild: Adoptionsuntersuchungen des israelischen hard-kill-systems „TROPHY“ an einem US-KPz M 1 A2 SEP v3.

Demgegenüber führt die Aufteilung eines zukünftigen Gefechtssystems auf ein duellfähiges Fahrzeug sowie ein (oder mehrere) Unterstützungsfahrzeuge zu kleineren Systemen, deren Gefechtsgewicht in einem Bereich von 50 – 60 to liegen dürfte. Nachteilig wären hierbei u.a. eine größere Fahrzeuganzahl und ein höherer Personalbedarf. Auch müssten neue Strukturen und neue taktische Einsatzverfahren geplant werden. Denkbar wäre die Realisierung gemischter Verbände – so wie es in der Vergangenheit zeitweise gemischte Verbände (Pz und PzGren) gegeben hat.

Das waffentragende Unterstützungsfahrzeug wird sich somit vom duellfähigen Fahrzeug vorrangig unterscheiden bezüglich:

- Bewaffnungskonzept,
- Schutzkonzept und
- Sichtkonzept.

Bei der technischen Realisierung der „Mehrplattform-Lösung“ sollte verständlicherweise eine möglichst hohe logistische Gleichheit angestrebt werden. Als Vorbild könnte hier z.B. das Konzept des russischen KPz T-90 und das Konzept des Unterstützungspanzers BMPT („Terminator“ bzw. „RAMKA“) dienen. Beide Fahrzeuge weisen zwar unterschiedliche Wannen – jedoch gleichartige Fahrwerke und Triebwerke auf. (Bild).

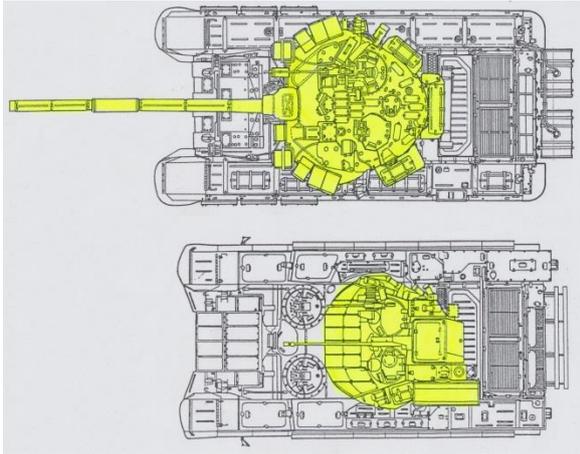


Bild: Realisierung eines duellfähigen Kampffahrzeugs (T-90) und eines Unterstützungspanzers (BMPT) auf einem Fahrgestell mit vielen logistischen Gleichteilen (z.B. bei Antrieb/Kraftübertragung und Laufwerk).

Bei allen waffentragenden Fahrzeugen dürften sich in Zukunft eine Scheitellafettierung (s. SPz PUMA; KPz T-14 ARMATA; Bild) durchsetzen, da bei weiter ansteigenden Schutzforderungen bei einem bemannten Turm Gewichte von über 25 to erwartet werden müssen.

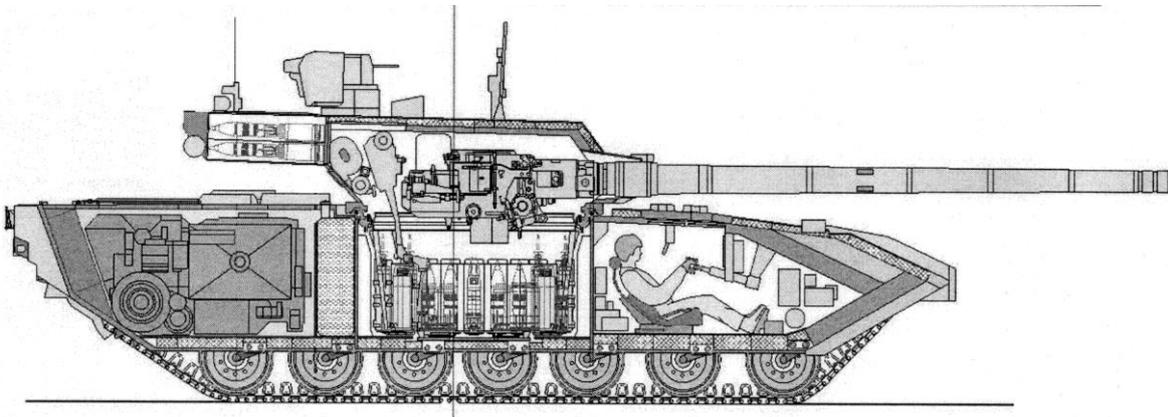


Bild: Schnitt durch den russischen KPz T-14 ARMATA mit einer scheidellafettierten Hauptwaffe.

Die mit einer Scheitellafettierung verbundenen Problembereiche, wie z. B.:

- ▶ Notbetriebmöglichkeiten, Redundanzen (für Gefechtsfeldaufklärung und für das Führen des Feuerkampfes),
- ▶ Sichtkonzept (360 Grad Beobachtungsbereich, situational awareness, Bildqualität usw.),
- ▶ Schutzniveau der Oberlafette; höhere Missionsabbruch-Wahrscheinlichkeit,
- ▶ Zuverlässigkeit der komplexen Funktions- und Sensorketten in der Oberlafette usw.

müssen frühzeitig in der Entwicklung betrachtet, und praxistaugliche Lösungen erarbeitet werden.

Eine weiterführende Betrachtung, bei der eine komplette Fahrzeugfamilie angedacht wird, führt zu dem Ergebnis, dass für die unterschiedlichen Fahrzeuge sowohl Hecktriebler, wie auch Fronttriebler benötigt werden – da ein Duellsystem und ein Transportsystem (wie z.B. ein SPz) völlig unterschiedliche Antriebskonzepte und Wannenauslegungen erfordern. Diese Überlegung führt zu einem Einheitsfahrzeuggestell („common chassis“) in dem ein Triebwerk in L-Bauweise wahlweise in der Front oder im Heck installiert werden kann. (Bild).

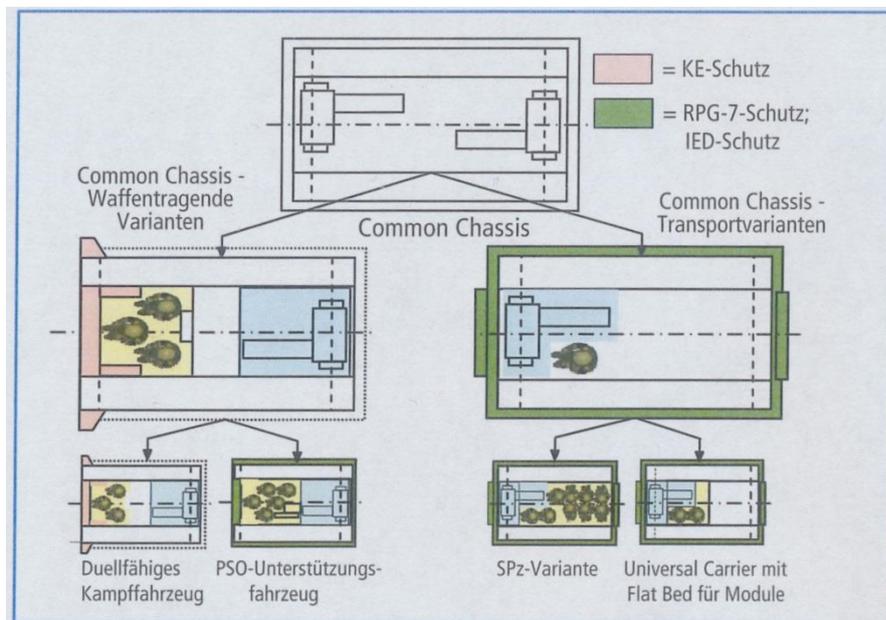


Bild: Grundsatzüberlegungen zur Bildung einer Fahrzeugfamilie unter Nutzung eines „common chassis“. In den beiden Grundvarianten soll es eine Version mit einem Heck- und eine Version mit einem Fronttriebwerk geben. Das Triebwerk soll in einer L-Anordnung gebaut werden, da dies für den Fronttriebler vorteilhafter ist (für den Hecktriebler nicht nachteilig). Das Fahrwerk kann bi-direktional gestaltet werden. Unterschiede ergeben sich in der Gehäuse- und Schutzauslegung.

Neben den genannten waffentragenden Varianten wird ein zukünftiges Gefechtssystem über weitere Unterstützungsfahrzeuge verfügen müssen. Das Aufgabenspektrum für dieses (oder diese) Unterstützungsfahrzeuge könnte in folgenden Bereichen liegen:

- ▶ Führungsunterstützung des Einheits- bzw. Teileinheitsführers (Selektion und Priorisierung der relevanten Daten im Zeitalter des „Big Data“;
- ▶ Träger der Bewaffnung zur Drohnenabwehr (Laser oder HPM-Waffe);
- ▶ Steuerung und Einsatz von Robotik-Elementen (UGV oder UAV).

Es wird zu klären sein, welche dieser Unterstützungsfahrzeuge dem Teileinheitsführer (Zug), bzw. dem Einheitsführer (Kompanie) zugeordnet werden sollen.

Für die Unterstützungsfahrzeuge käme aufgrund des notwendigen Nutzraumes die frontgetriebene Variante des common-chassis in Frage.

### Technologiebetrachtungen.

Neben konzeptionellen Überlegungen muss zu Beginn einer Waffensystementwicklung ein „Technologie-screening“ für wichtige Baugruppen und Funktionen durchgeführt werden. Dies

betrifft u.a. die Bereiche:

- ▶ Wirkung, Waffen- und Munitionstechnologie, Sekundärwaffentechnologie,
- ▶ Aufklärungs- und Sensorconcept/Sensorfusion, Vernetzung, C4I,
- ▶ Technologien zur Führbarkeit, Führungsmittel,
- ▶ Antriebs- und Fahrwerksconcept,
- ▶ Schutzconcept, stealth-Technologien, Schutz gegen Cyber-Attacken,
- ▶ Systemergonomie; HMI,
- ▶ Energieversorgung,
- ▶ Automatisierung; Einsatz Roboter-Technologie; Einsatz künstlicher Intelligenz (KI), usw.

Es sollten naheliegender Weise nur solche Technologien berücksichtigt werden, bei denen zum geplanten Einführungszeitraum des Waffensystems eine Serienreife erwartet werden kann. Bei der Abschätzung bieten sogenannte „Technology Readiness Level“ eine gewisse Hilfestellung. Wie das Beispiel des SPz PUMA zeigt, muss bei einem komplexen System mit einer Entwicklungszeit von mindestens 13 Jahren gerechnet werden. Demnach müssten die ausgewählten Technologien mindestens die TRL-Stufe 3 (Funktionsfähigkeit der Technologie muss zu Beginn der Entwicklung nachgewiesen sein) – aufweisen. Die Auswahl einer zukunftsorientierten Technologie für bestimmte Baugruppen stellt eine schwierige Gratwanderung dar. Die Wahl von neuen Technologien, die neue Funktionalitäten oder ein extrem hohes Leistungspotenzial erwarten lassen, beinhalten hohe Entwicklungsrisiken und benötigen einen hohen Entwicklungsaufwand. Es besteht die Gefahr, dass zum Zeitpunkt der Einführung das Entwicklungsziel nicht erreicht wird und sich die Einsatzreife des Waffensystems über weitere Jahre hinzieht – oder das Vorhaben abgebrochen wird (Beispiele: PSB 2, PzH CRUSADER; die Entwicklungsprogramme: FCS und GCV). Andererseits führt die Auswahl bekannter und bewährter Technologien dazu, dass ein in Zukunft mögliches Leistungsspektrum nicht voll ausgenutzt wird. Weitere wichtige Auswahlkriterien für innovative Technologien sind u.a.:

- ▶ Integrierbarkeit und Systemverträglichkeit.
- ▶ Modularität,
- ▶ Wachstumspotenzial,
- ▶ Logistischer Aufwand / Materialerhaltungsaufwand,
- ▶ Kosten.



Bild: Darstellung der Einstufung der Technologie Readiness-Level. Daraus ist z.B. ablesbar,

dass eine innovative Technologie heute mindestens einen grundsätzlichen Funktions - nachweis erbracht haben muss, wenn diese in ca. 13 – 15 Jahren die Serienreife, bzw. Anwendbarkeit erreicht haben soll.

Nicht zu unterschätzen ist die Tatsache, dass sich eine heutige Waffensystementwicklung nicht nur in der Welt der taktisch, technischen und wirtschaftlichen Anforderungen bewegt, sondern auch die Welt mit ihren vielfältigen juristischen Vorgaben (z.B. im Bereich des Arbeitsschutzes – bis hin zu den umfangreichen Vorgaben beim Beschaffungs- und haushaltsrecht) genügen muss. Die geforderte kompromisslose Anwendung von zivilen Normen bei militärischen Systemen führt zu höherer Komplexität, Kostensteigerungen und längeren Entwicklungszeiten. erinnert sei in diesem Zusammenhang an die Forderung beim SPz PUMA, dass *unter allen Umständen eine mögliche Fruchtwasserschädigung bei einer schwangeren Soldatin im Kampfraum vermieden werden muss.....*

### **Baugruppenspezifische Betrachtungen.**

#### **- Feuerkraft:**

Auch für ein zukünftiges duellfähiges Gefechtssystem , welches im Zeitraum 2030.....2035 eingeführt werden soll, wird als Hauptwaffe eine Hochleistungs-Pulverkanone im Kaliberbereich 130.....140 mm in Frage kommen. Neben einem leistungsfähigen KE-Geschoss neuerer Bauart kommen vermutlich weitere Munitionsarten in Betracht, die möglicherweise innovative Funktionalitäten, bzw. Bekämpfungsmöglichkeiten beinhalten. In einigen Nationen existieren bereits heute schon Festkörperlaser (als Demonstratoren) mit einer Leistung von 5 – 20 kW (Bild), die bei einem zukünftigen Kampffahrzeug mit großer Wahrscheinlichkeit als Sekundärwaffe – z. B. zur Bekämpfung von Drohnen – installiert werden. Möglicherweise wird in den kommenden Jahren die Möglichkeit der Realisierbarkeit, bzw. Einsatzmöglichkeit - von HPM-Waffen zur Drohnenabwehr (insbesondere bei swarm-attacks) von einem Kampffahrzeug aus intensiver untersucht.



Bild: Demonstrator eines 5 kW-Festkörper-Lasers in einem BOXER (Fa. Rheinmetall).

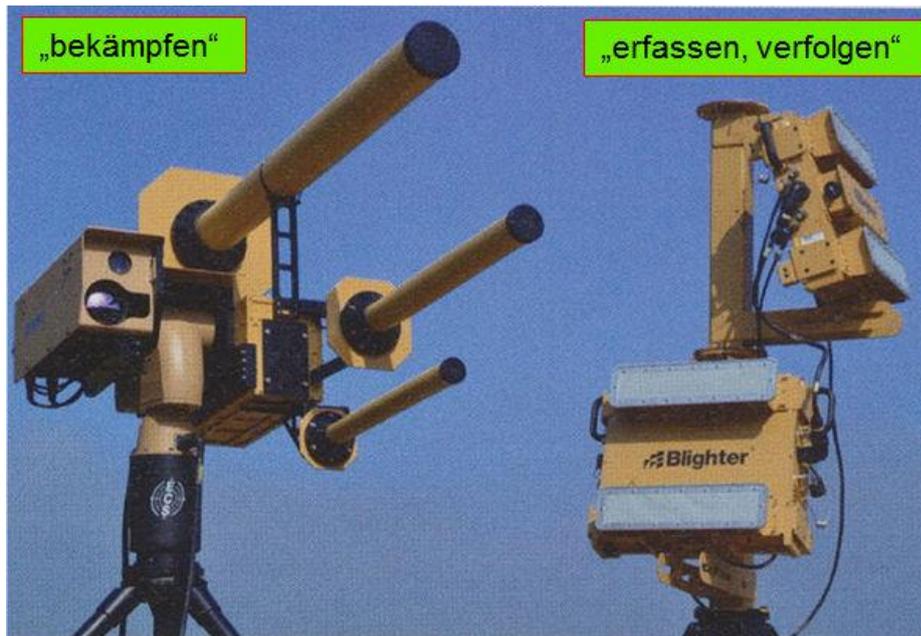


Bild: US-Drohnenabwehrsystem (C-UAV) „BLIGHTER“; vermutlich basierend auf HPM-Effektoren.

#### - Mobilität:

Vermutlich wird auch für ein zukünftiges Gefechtssystem ein kompakter Hochleistungs-Dieselmotor als Antriebsquelle in Frage kommen. Bezüglich der Kraftübertragung werden sicherlich erneut elektrische Antriebe – auch als Hybridantriebe – eingehender untersucht werden. Bei einer letzten Untersuchung aus dem Jahr 2002 unterlag der dieselektrische Antrieb bezüglich Gewicht und Volumen deutlich einem konventionellen Antrieb. Vergleichende Kostenuntersuchungen wurden aus Pietätsgründen gar nicht erst vorgenommen.....Bei einem Kettenfahrzeug mit regenerativer Lenkung muss bei Kurvenfahrt ein erheblicher Leistungsanteil vom kurveninneren Triebad (der dort angeordnete E-Motor wirkt in diesem Fall bremsend als Generator) – über die Leistungselektronik auf das kurvenäußere Triebad übertragen werden. Die Übertragung dieser Blindleistung führt zu einem erheblichen Kühlaufwand für die Elektronik (Volumen!) und zu einer deutlichen Überdimensionierung der E-Motoren an den Triebädern (Gewicht!). Dieser Transfer der Blindleistung erfolgt bei herkömmlichen getriebenen u.a. über die Nullwelle (Durchmesser bei KPz Leop 2: ca. 70 mm) – der Gewichtsaufwand ist dabei sehr überschaubar und thermische Probleme treten überhaupt nicht auf.....Schließlich bestehen aus militärischer Sicht bezüglich der Kraftübertragung keinerlei Fähigkeitsdefizite.

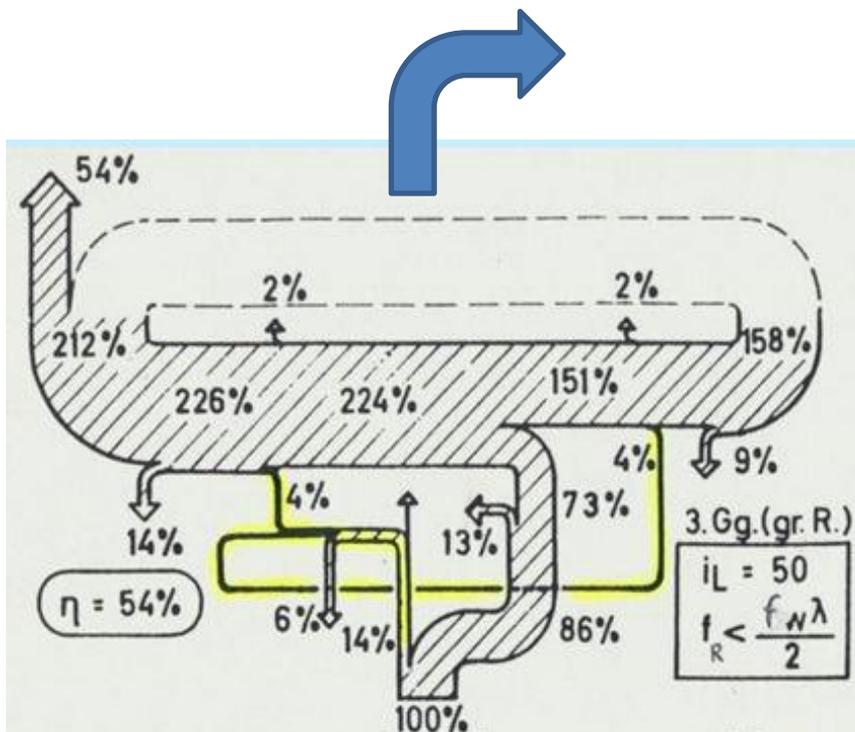


Bild: Leistungsfluss in einem Lenkgetriebe bei einer Rechtskurve (Kurvenradius: ca. 50 m). Erkennbar ist, dass das kurveninnere Triebad (rechts) in dieser Situation ca. 158 % der Motorleistung (= 100 %) vom Boden als Bremsleistung aufnimmt und als zusätzliche Antriebsleistung dem kurvenäusseren Triebad wieder zuführt. Diese Aktion führt zu einem zusätzlichen Verspannungsmoment, bzw. einem erhöhten Leistungsfluss in verschiedenen Baugruppen des Lenkgetriebes (ist aber beherrschbar). In der Gesamt-Leistungsbilanz stehen in dieser Situation noch 54 % der Motorleistung für den reinen Vortrieb des Fahrzeugs zur Verfügung.

Bei einem diesel-elektrischen Fahrzeug muss der E-Motor am kurveninneren Triebad als Generator fungieren und das Triebad entsprechend abbremst. Die aufgenommene Bremsleistung muss sodann über die Leistungselektronik auf das kurvenäussere Triebad transferiert werden. Hierbei fließen kurzzeitig ca. 226 % der Motorleistung (bei 1 100 kW somit 2 490 kW) durch die Leistungselektronik. Bei einem Wirkungsgrad von 5 % entsteht dabei eine Verlustleistung von ca. 120 kW, die als reine Wärmeleistung (quasi ein Tauchsieder mit 120 000 Watt) über ein Kühlsystem abgeführt werden muss (= Kühlanlage, Bauaufwand!). Der kurvenäussere Motor (bzw. beide ME-Motoren an den Triebädern) müssen für eine Eckleistung von 212 % der Motorleistung (= 2 300 kW) ausgelegt werden! (= Gewicht, Volumenbedarf!). Während die Übertragung der Blindleistung bei einer mechanischen Lösung (u.a. durch die Nullwelle) keine Probleme bereitet, führt die regenerative Lenkung bei einem diesel-elektrischen Antrieb zu einem deutlich größeren Bauvolumen und Gewicht!

Dagegen wird vermutlich die Technologie der Schwungradgeneratoren forciert werden, so dass in Zukunft Schwungradgeneratoren mit einem hohen Leistungspotenzial zur Verfügung stehen werden (z. Zt. bei SPz PUMA: 170 kW). Möglicherweise kann im Verbund mit einem panzertauglichen Speicher kurzzeitig mit Hilfe des Schwungradgenerators auch eine rein elektrische Schleichfahrt durchgeführt werden.

Im Bereich der Fahrwerkstechnologie werden bereits seit einigen Jahren Versuche mit sogenannten aktiven Fahrwerken durchgeführt. Bei einem funktionstüchtigen System kann damit die Schwingungsbelastung der Besatzung spürbar reduziert werden. Die Baugruppen

des aktiven Fahrwerks erfordern jedoch einen dramatisch hohen mechatronischen Aufwand und sind somit sehr komplex und teuer – hier muss u.a. eine sorgfältige Nutzen-Kosten-Analyse für die Entscheidungsfindung durchgeführt werden. Eine gewisse Verbesserung des Fahrkomforts kann mit einem geringeren Aufwand durch sein Semi-Aktives Fahrwerk (rheologische Dämpfungssysteme) erreicht werden.

### Schutz:

Bei der Schutztechnologie dürften bei der werkstoffseitigen Verbesserung der Schutzleistung nur noch graduelle Verbesserungen zu erwarten sein. Seit einigen Jahren wird von verschiedenen Herstellern die Nano-Technologie bei verschiedenen Werkstoffen propagiert. Allerdings wird hierbei die Steigerung der Schutzleistung durch einen hohen (Kosten-) Aufwand bei der Herstellung der Materialien erreicht. Untersucht werden seit einiger Zeit auch innovative Legierungen und Kompositionen – wie z. B. Faser-Keramik oder Aluminium-Titan.

Ein deutlich größeres Entwicklungspotenzial kann dagegen in Zukunft auf dem Gebiet der abstandsaktiven Schutzsysteme erwartet werden. Möglicherweise gelingt es in ca. 10 - 15 Jahren ein hard-kill-System zu entwickeln, welches im mikro-sec – Bereich agiert und damit auch bei anfliegenden KE-Penetratoren (Fluggeschwindigkeit: > Mach 5) deren Durchschlagsleistung wirksam reduzieren kann. In visionären Darstellungen wird bereits heute dem russischen hard-kill-System AFGHANIT des KPz T-14 ARMATA eine solche Wirksamkeit zugesprochen.....(Bilder).





Bild: Visionäre Darstellung („artists impression“) des Bekämpfungsvorgangs eines KE-Penetrators durch das abstandsaktive hard-kill-System, AFGHANIT des russischen KPz T-14 ARMATA. Da der Kern ca. 7 mal schneller ist als eine LFK, muss die Reaktionszeit des Systems im mikro-sec (Millionstel-sec) Bereich ( $= 1 / 1\,000\,000\text{ sec}$ ) liegen – um überhaupt einen gewissen Effekt zu erzielen. Der Effekt besteht im Bestfall darin, dass der KE-Penetrator durch die blast-Welle (die sollte möglichst im Bereich des Leitwerks angreifen.....) – vor dem Aufschlag einen Anstellwinkel von 5 – 8 Grad erhält. Damit ergibt sich keine optimale Durchschlagsleistung mehr. Aber die Grundpanzerung muss noch immer einen impact von ca. 12 MJ aufhalten.....!

### **Führungssysteme und Digitalisierung:**

Die Digitalisierung von Waffensystemen wird u.a. in den Bereichen: Bordnetz, Feuerleitung, Fernmeldemittel und Führungsmittel massiv voran getrieben. Es bleibt zu hoffen, dass auch mit gleicher Intensität an elektronischen Schutzmaßnahmen (EloSM/ECM) gearbeitet wird und alternative Funktionen / Redundanzen vorangetrieben werden, die auch bei gegnerischen Störmaßnahmen den Erhalt der Missionsfähigkeit des Waffensystems sicherstellen. Gelingt es dem Gegner in Zukunft, dass GPS-Signal zu stören oder zu manipulieren (navigation warfare), so würden schlagartig sämtliche Führungs- und Informationssysteme einen Großteil ihres Einsatzwertes verlieren! Bereits vor einigen Jahren haben russische Streitkräfte im Donbass-Gebiet den Funkraum massiv gestört (Bilder), so dass ukrainische Panzereinheiten nur noch durch Flaggenzeichen geführt werden konnten.....



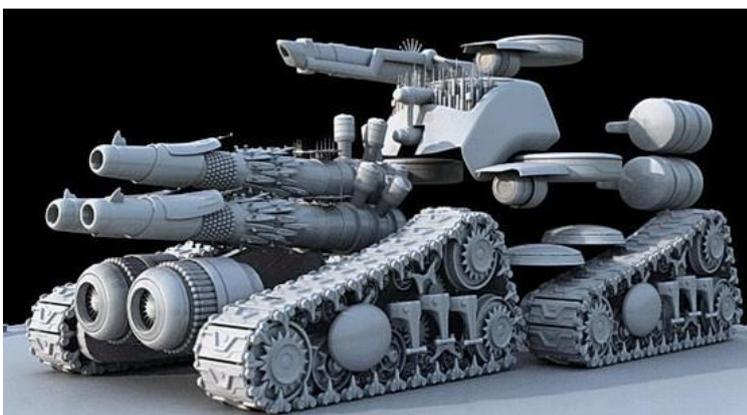


Bilder: Russische Fahrzeuge mit elektronischem Störer (oben: „INFAUNA“; unten: „KRASUKHA-2“).

Die Digitalisierung bietet prinzipiell in Verbindung mit leistungsfähigen Funkgeräten einen erheblichen Fortschritt im Bereich der Führungs-Waffeneinsatzsysteme, bzw. Führungs- und Informationssystemen – aber die Aufrechterhaltung der Funktionen unterliegt unter Gefechtsfeldbedingungen auch erheblichen Risiken! Der cyber-war wird in Zukunft mit seinen Angriffen auf alle rechnergestützten Systeme (insbesondere Führungs- und Kommunikationsmittel) – eine neue und umfassende Bedrohung darstellen!

### **Schlussbemerkungen.**

Die vorangegangenen Ausführungen lassen unschwer erkennen, dass in Zukunft mit einer weiteren Diversifizierung des Einsatzspektrums und der Szenarien zu rechnen ist. Gleichmaßen wird die Bedrohung für zukünftige Gefechtsfahrzeuge breitbandiger und wirksamer – sie ist in ihrer gesamten Entwicklung auch nicht sicher abschätzbar. Damit gestaltet sich die Entwicklung und Auslegung eines zukünftigen Gefechtssystems als eine extrem anspruchsvolle und schwierige Aufgabe. Für eine erfolgreiche Waffensystementwicklung sind somit eine profunde Expertise und solide Erfahrungen bei dem Programmpersonal des Auftraggebers und des Auftragnehmers zwingende Voraussetzungen. Wie die Erfahrungen der Vergangenheit gezeigt haben, muss bei einer Waffensystementwicklung eine Vielzahl von günstigen Randbedingungen (militärisch, technisch, wirtschaftlich, politisch, organisatorisch usw.) vorliegen, damit nach einer langen Entwicklungszeit das Projekt am Ende zu einem erfolgreichen Abschluss geführt werden .



Die Zukunft ?????? ☺