

Koleszár Béla
koleszar@tele2.at

ROBOTER-PLATTFORMEN FÜR RISIKOMINIMIERUNG BEI MILITÄRISCHEN FRIEDENSEINSÄTZEN

Absztrakt/Abstract/Abstrakt

A szerző a szárazföldi járművek robbanásvédelmével foglalkozik, a műszakilag kivitelezhető rizikó/veszteségcsökkentés lehetőségeit kutatja. Röviden megemlíti az IED-k elleni aktív védelmek és elektronikai zavaróadók alkalmazását. Ezt követően taglalja a járművek passzív védelmének problematikáját. A szerző szerint – az aszimmetrikus fenyegetettség miatt – elhamarkodottan nem szükséges minden járművet lecserélni a magas MRAP járművekre. Számolni kell új (ill. régi) veszélyekkel is. Javaslatot tesz a valós méretű robotjárművek fokozottabb bevetésére, felsorolja a szárazföldi robotjárművek előnyeit és hátrányait. Megfogalmazza a robotplatformok fejlesztéséhez szükséges követelményeket. Szorgalmazza a légi-, ill. földi robotok szorosabb együttműködését. Bemutat egy, a légi robotok számára szolgáló startoló- dokkoló állomást – egy robotrepülőgép-hordozót.

The author developed technical means to protect human life, exploring feasible solutions for the explosion resistance of vehicles. He refers to the borders of active protection and electronic jammer against roadside explosive devices. He describes passive protection on vehicles. According to the author it is not necessary – because of asymmetric threat – to hastily exchange all vehicles for high MRAP vehicles. We must also reckon with new (and old) threats. He suggests an increased use of full size robotic vehicles, and lists the advantages and disadvantages of ground robots. He formulates the requirements for the development of robotic platforms. He recommends greater collaboration between air and ground robots. He presents a launcher-docking station for the flying robots – a "robotic aircraft carrier".

Autor beschäftigt sich mit der Entwicklung vom Sprengschutz an militärischen Fahrzeugen, er forscht technisch durchführbare Möglichkeiten für die Risikosenkung/Verlustreduzierung. Erwähnt kurz die Anwendung von aktiven Schutz und elektronischen Störsendern gegen IED. Nachfolgend wird die Problematik von passivem Schutz an Fahrzeugen beschrieben. Laut Autor ist es nicht nötig – wegen asymmetrischer Gefahr – mit überstürzter Eile alle Fahrzeuge für hohe MRAP Fahrzeugen auszutauschen. Wir müssen auch mit neuen (und alten) Gefahren rechnen. Er schlägt einen vermehrten Einsatz von Roboterfahrzeugen mit realen Größen vor und listet die Vorteile und Nachteile

von Bodenrobotern auf. Formuliert die Anforderungen für die Entwicklung von Roboterplattformen. Empfiehlt eine verstärkte Zusammenarbeit von Flug- und Bodenrobotern. Er präsentiert eine Start-Dockstation für die Flugroboter – einen „Roboterflugzeug-Träger“.

Kulcsszavak/Keywords/Schlüsselworte: *asymmetrische Bedrohung, aktiv-passiver Schutz, unbemannte Fahrzeug-Plattformen, Roboterflugzeug-Träger ~ asymmetric warfare, active-passive protection of vehicles, unmanned vehicle platforms, robotic aircraft carrier ~ aszimmetrikus fenyegetetés, aktiv-passzív védelem, személyzet nélküli jármű platformok, robotrepülőgép-hordozó*

1 EINLEITUNG

Seit 14 Jahren arbeite ich als Konstrukteur von Spezialfahrzeug- Baugruppen (GDELS¹-Steyr, in Wien). Parallel bin ich Doktorand am ZMNE² in Budapest seit 3 Jahren. Das von mir ausgewählte Thema: „Konstruktions- und Einsatzfragen von unbemanntem Bodenfahrzeugen, mit besonderem Hinblick auf Sicherheitserhöhung von Friedensmissionen“ forsche ich von verschiedenen Gesichtspunkten, und nehme an Veranstaltungen in diese Richtungen aktiv Teil. Meine bisherigen wissenschaftlichen Publikationen und Vorträge wurden in ungarischer (resp. eine in slowakischer) Sprache veröffentlicht und gehalten. [1-12] In diesem Artikel versuche ich über meine Forschungstätigkeiten in deutscher Sprache eine Übersicht zu bieten.

2 JETZIGE SITUATION

Für die internationalen Friedensmissionen ausreichend sichere Länder sind wegen derzeitigen asymmetrischen Bedrohungen immer seltener. Wo „Kalaschnikows“ erreichbar sind, dort können wir das Auftauchen von Panzerabwehrwaffen, die von der Schulter bedienbar sind erwarten, wie zum Beispiel die in drei Teile zerlegbare RPG-7³. Bei Straßen- und Gebirgskämpfen nach Stein-, Molotow Cocktails-, respektive Faustfeuerwaffen- Bedrohungen wird die nächste logische ballistische Bedrohungsstufe wahrscheinlich die „RPG-7“ Stufe sein.

Auch der Schutz gegen einzeln verlegten Blastminen⁴ (mit 6, 8, 10... kg Sprengstoff) ist nicht immer ausreichend. Bei Patrouillen müssen wir mit mehreren, übereinander verlegten einfachen Minen, oder mit der Verlegung von Richtminen, meist seitlich wirkenden EFP⁵-s rechnen. Zeitverzögerte und ferngesteuerte, selbstgebastelte Sprengsätze -IED⁶-s, und „Autobomben“ bedeuten auch große Gefahr. Wir müssen auch mit vermehrten Angriffen von oben, von Gebäuden, Brücken über Straßen, Bergen, aus der Luft rechnen. Vermehrt sind Flugkampffrobotern im Einsatz, immer mehr zielsuchende Munitionen sind eingeführt.

Bei der Entwicklung von Kampffahrzeugen sind die Anforderungen für die Sicherheit immer schärfer und es ist immer schwieriger entsprechende Lösungen zu finden. Einerseits benötigen wir ausreichenden ballistischen Schutz, bzw. so gut wie möglichen Schutz gegen

¹ GDELS- General Dynamics European Land Systems

² ZMNE- Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem - Zrínyi Miklós Militäarakadémia /-Universität Budapest

³ RPG-7 Die Abkürzung steht für *русснои противотанковий гранатомјот*, *kyrillisch* *ручной противотанковий гранатомёт*, zu Deutsch etwa Granatwerfer zur Panzerabwehr, der von Hand abgefeuert werden kann. Das englischsprachige "Rocket-Propelled Grenade" ist ein Backronym. [14]

⁴ Schutzstufen nach NATO AEP-55 STANAG 4569 Annex B

⁵ EFP- Projektilbildende Ladung, Abkürzung für den englischen Begriff Explosively Formed Projectile, auch Explosively Formed oder Forged Penetrator. [15]

⁶ IED- Improvised Explosive Devices ~ Improvisierte Spreng- und Brandvorrichtungen [16]

Minen und improvisierten Sprengvorrichtungen. Andererseits können wir die hochgradige Mobilität und die Geländegängigkeit unserer Fahrzeuge nicht verschlechtern. Für die Erfüllung der Friedensmissions-Aufgaben und das Bekämpfen von schnell aufflammenden lokalen Konflikten, brauchen wir statt schwerer Bewaffnung eher luftverlastbare Kampffahrzeuge. Für die **strategische Mobilität** ist es sehr wichtig eine Fahrzeugkategorie, die mit in NATO Armeen verbreiteten C-130 Hercules [13] Flugzeugen noch transportierbar sind. Das bedeutet ungefähr 20 t Gesamtgewicht mit begrenzter Fahrzeugbreite und -höhe. Bei amphibischen (schwimmenden) Fahrzeugen müssen wir noch zusätzlich die sichere Verdrängung (ausreichende Auftriebskraft) berücksichtigen. **Überlebensfähigkeit, Gesamtgewicht, Manövrierfähigkeit** sind Gesichtspunkte, welche nur mit Kompromissen verbesserbar sind, zum Nachteil von anderen Parametern.

Neuentwicklungen mit viel höherem Schutz (z.B. Mannschaftstransporter Nakpadon – geschützt gegen 150 kg Sprengladung [17] sind sehr schwer, Luftverlastbarkeit mit üblichen Transportflugzeugen ist nicht mehr möglich. Neuer Schützenpanzer PUMA ist nur ohne Zusatzpanzerung im geplanten A 400M transportierbar (max. 31,5 t). [18]

MRAP⁷ Fahrzeuge können wir als „Zweckmaschinen“ gegen irakische und afghanische Bedrohungen nennen. Die Größe deren Silhouetten haben eine ähnliche Größe zu den Silhouetten von Autobussen. Geländegängigkeit (vor allem bei 4x4 Fahrzeugen) ist nicht sehr gut – außerhalb von befestigten Straßen (Sand, Schnee, nasse Wiese, weiches und tiefes Boden – z.B. Acker) – die Gefahr von Wegrutschen, „Einsinken“ ist groß. Tragfähigkeit der bestehenden, oft veralteten und durch Kampfmitteleinwirkung beschädigten Brücken in Einsatzgebieten ist zusätzlich ein einschränkender Faktor. Ein unüberlegte Austausch von ganzen Fahrzeugflotten auf diese Fahrzeugkategorie wäre nicht sinnvoll. Wir müssen auch mit neuen (eventuell alten) Gefahren rechnen.

3 INDIREKTER, DIREKTER, AKTIVER, PASSIVER SCHUTZ

Indirekter Schutz: „Schutz ist heute vielmehr als räumlich und zeitlich weit gefasstes System zu begreifen. Auf einen Zeitstrahl projiziert, darf Schutz nicht erst im Moment des Treffers wirksam werden, sondern muss vielmehr auf die Rahmenbedingungen einwirken, um eine Bedrohung bereits im Vorfeld zu unterdrücken und ihr die Grundlage ihrer Entstehung zu entziehen.“ [19]

Direkter Schutz richtet sich gegen die Gefahr selbst, kann aktiv und passiv sein.

Fahrzeuge zu verbessern, werden immer mehr **aktive Schutzsysteme** eingeführt. **Soft-Kill-Systeme** (Nebelwerfer, IR-Jammer, usw.) sind gut, aber haben ihre Grenzen. Mobile Störsysteme gegen elektronisch ausgelösten Sprengfallen sind umgekehrt abhängig von der räumlichen Anordnung (Entfernungen) von Sender-Auslöser-Störsender Einheiten. [20]

Bei kombinierten Zündungen versuchen die Attentäter die ferngesteuerten Einheiten außerhalb der Reichweite von Störsendern zu verlegen. Gegen die primitivste Auslösung (mechanische Schalter, Zündschnur, direkter Draht, usw.) bieten Störsender überhaupt keinen Schutz!

Ziel von **Hard-Kill-System**-en (AwiSS, ARENA, Iron Fist, LEDS, u.a.) ist in einer Richtung fokussierten kinetischen, oder kumulativen Energie - z.B. in einem Geschöß inkludiert - vorzeitig zu initiieren, zu zerstreuen (auslenken, abscheren). Leider sind diese Systeme extrem zeitkritisch, können auf Gefahren in unmittelbarer Nähe nicht rechtzeitig reagieren. Gegen schon ausweitende „dumme“ Detonationswellen sind sie praktisch wirkungslos. Grundsätzliches Problem ist im urbanen Gelände, dass sie wegen der kurzen Kampffernung keinen ausreichenden Schutz gegen RPG-7 und EFP bieten. Eventuelle Kollateralschäden bedeuten auch ein Problem.

⁷ MRAP - Mine Resistant Ambush Protected ~ Minensichere und vor Hinterhalten geschützte (Fahrzeuge)

Passiver Schutz: „Es ist unmöglich, das gesamte Fahrzeug zu panzern, weil Motoren und Fahrgestelle nicht für derartige Zusatzbelastungen ausgelegt sind, außer man verzichtet auf Nutzlast.“ [17] Wenn wir versuchen unser Fahrzeug gegen alle erwarteten Gefahren zu schützen, wenn wir die strengen ballistischen, Sicherheits-, ABC-, Feuerunterdrückungs-, ergonomischen, psychischen, usw. Anforderungen berücksichtigen, wird das Fahrzeug immer schwerer... Mit der Verwendung von neuen Materialien können wir zwar Gewichtreduktionen erreichen, aber nur zwischen gewissen finanziellen Grenzen.

Bei einem kleinen Fahrzeug ist der Schutz der ganzen Fahrzeugwanne und des Aufbaus gegen RPG-7 und deren Folgenvarianten unmöglich. Passive Gefechtkopfabwehr („Käfig“, Drahtgeflecht) gegen klassischen RPG bietet nur knapp über 50 % Schutz. Gegen neueren Panzerabwehrwaffen noch weniger... IED-, Sprengladung- und EFP- Sicherheit ist auch kritisch.

„Ewiger Wettlauf zwischen Bedrohung und Schutz auch bei Panzerfahrzeugen schreitet weiter fort. „Aber auch Gefechtsfahrzeuge, die mit den derzeit modernsten Schutzsystemen ausgestattet sind, haben gegen die "Super-IEDs" kaum Chancen.“ [17]

Als Militärfahrzeug-Konstrukteur habe ich manchmal das Gefühl, dass ich in eine Sackgasse geraten bin... Einen realen Ausweg sehe ich mit vermehrter Anwendung von Bodenrobotern. Die Verletzungsgefahr von Menschen ist nur mit der Anwendung von Robotern hundertprozentig ausschließbar.

4 MILITÄRISCHE EINSATZ VON ROBOTERN

Aufklärung und Räumung von Minen und anderen Kampfmitteln, Entschärfungsroboter, UAV⁸, UAS⁹, Kampfdrohnen sind moderne und immer öfter zitierte Wörter und Abkürzungen. UGV¹⁰ -s sind noch nicht so gut bekannt, aber in der nahen Zukunft können wir mit erhöhtem Einsatz auch von größeren Boden-Robotern rechnen.

Derzeit gehen die meisten Roboterentwicklungen [21] in die Richtung Miniaturisierung, was ihre Verwendungsmöglichkeiten beschränkt. Vor allem die Nutzlastbegrenzung bedeutet ein Problem. Mit der Verkleinerung verschlechtern sich die Geländegängigkeit und die Geschwindigkeit, Reichweite wird kürzer, es gibt zu wenig Platz für den Einbau von Qualitätssensoren, wegen schwachem Schutz genügt ein „größerer Stein“, eine Antipersonenmine, und die Mission kann gefährdet sein. Von positiven Wirkungen bei der Anwendung von kleinen Kampfrobootern in Irak und in Afghanistan haben wir viele Beispiele gesehen. Eindringen mit Robotern in Gebäuden, Höhlen, Aufspürung und ferngesteuerte Vernichtung von Sprengmitteln haben sehr viele Menschenleben geschont, das diskutiert niemand weg. Konvoibegleit- und Schutzaufgaben benötigen andere Roboter-Kategorie, welche echtgroßen Kampffahrzeugen ähnlich sein könnten.

Wenn wir die Missions-Aufgaben untersuchen, sehen wir, dass die Besatzung großteils für die Fahrzeug-Führung und für den Schutz und die Verteidigung von mitgeführten Lasten nötig ist. Die meisten inneren Einrichtungen von Kampffahrzeugen sind für den Lebenserhalt der Fahrzeugbesatzung, wie z.B. Ergonomie, ABC- und Feuerschutz zu schaffen. Würde man ohne Fahrzeugbesatzung auskommen, wäre eine ganze Reihe von teuren Systemen unnötig. Die Nutzlast könnte höher sein und bei einem (über-) schweren Angriff könnten wir personelle Verluste reduzieren/verhindern. Diese Überlegungen eröffnen uns einen neuen Horizont. Anstatt bisheriger Fahrzeugbesatzung könnten wir **autonome, teilautonome, ferngesteuerte** Maschinen – **Robotern** einsetzen. Diese Überlegungen untersuche ich anschließend detaillierter.

⁸ UAV- Unmanned Aerial Vehicle = unbemanntes Luftfahrzeug

⁹ UAS- Unmanned Aircraft System = Gesamtsystem für UAV-s

¹⁰ UGV- Unmanned Ground Vehicle = unbemannte Bodenfahrzeug

In den Kolonnen wäre es genügend z.B. nur in jedem vierten Fahrzeug eine sehr gut geschützte, hochgepanzerte, innere „Kapsel“ für vier-sechs Personen einzubauen. Aus diesen könnten das eigene, weitere drei Fahrzeuge und ihre Waffensysteme gesteuert werden. Von außen betrachtet schauen alle Fahrzeuge gleich aus, der äußere Beobachter weiß es nicht, welche bemannt und unbemannt sind.

Die ganze Nutzlast vom Führungsfahrzeug ist für die Kapsel-Panzerung verbraucht. In den weiteren drei ferngesteuerten Roboterfahrzeugen kann wegen Weglassen von Bedienungspersonal die Nutzlast von „spartanischen“ – äußerst vereinfachten – Fahrzeugen sogar verdoppelt werden. So können die logistischen Transportfahrzeuge viel mehr Material zum Ziel bringen, Kampffahrzeuge können wir mit viel effizienteren Waffensystemen ausstatten, resp. Munitionsvorrat erweitern, usw. Das Ganze bei wirksamem Schutz von Bedienungspersonal.

Mit Fernsteuerung – ähnlich wie bei unbemannten Drohnen – sind die Einsatzdauer von (Fern-) Operatoren und die Einhaltung gesetzlicher Auflagen wie Lenk- und Ruhezeiten besser steuerbar.

5 BODENROBOTER STATT BEMANNTER MILITÄRFAHRZEUGE?

Implementiert (teilweise ergänzt) nach der SWP¹¹ Studie von Sascha Lange: „Flugroboter statt bemannter Militärflugzeuge? [22] In Telegrammstil:

Problemstellung und Empfehlungen

- ohne das Leben von Besatzung aufs Spiel zu setzen
- eine weitgehende Ablösung bemannter Systeme
- stufenweise Einführung unbemannter Systeme
- multinational beschafft und betrieben

Die neuen Bodenroboter

- völlig neue Einsatzmöglichkeiten
- für Menschen zu ermüdend und zu gefährlich, über viele Tage
- hohe Stehzeit – Gegner dauerhaft unter Bedrohung halten zu können
- stationäre Überwachungs- „Posten/Warten“
- künftig wesentlich schlagkräftigere Waffenanordnungen umfassen
- geringeres Risiko personeller Verluste
- Kosten bei den Streitkräften zu senken
- durch zunehmende Automatisierung und Anonymisierung das Kriegsbild immer mehr in Richtung ferngelenkter ziel- und zeitgerechter Zerstörung (Destruction on Demand) verändern
- technologische Überlegenheit als Element der Abschreckung

Das Spektrum heutiger UGV (und UAV)

- alle Komponenten der Systemrichtung noch immer im Entwicklungsstadium
- Suche nach optimalen Designauslegungen, Anwendungsgebieten und Einsatzstrategien
- gleiches Design in mehreren Größen
- Konzeptlosigkeit in der Welt
- UAV aufgrund der noch relativ geringen Stückzahlen nur vereinzelt und meist allein eingesetzt worden, größere UGV-s gibt es kaum
- Umbau der Streitkräfte

¹¹ SWP- Stiftung Wissenschaft und Politik - Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit

- intensive Experimentalaktivitäten
- Reichweite der sichtliniengebundenen Datenübertragungsstrecke
- Datenübertragung mittels Relaisfahrzeug/-station oder Satellit
- bis zu einem gewissen Grad Satelliten ersetzen, ergänzen
- militärisch relevante Nutzlasten
- Hauptaufgabe der UGV-s zur Zeit meistens Minen / Sprengmitteln suchen und entschärfen
- Unmanned Combat Ground Vehicles (UCGV)
- Zusammenarbeit /Symbiose mit TUAV (Tactical Unmanned Aerial Vehicles)
Luftnahaufklärung für Bodentruppen (organisatorisch generell der Armee unterstellt)
- kleine Bodendrobotern – wenige Nutzungsnischen, wie etwa für den Einsatz in Spezialeinheiten
- unbemannte Bodenroboter haben immer noch die gleichen Probleme wie die bemannten Fahrzeuge zu Beginn des 20. Jahrhunderts
- sie sind unzuverlässig und schwer zu bedienen
- im Gegenteil dazu wurden in den letzten zwei Jahrzehnten, speziell durch massive Förderung in Israel und den USA, die unbemannten Flugzeuge zusehends ausgereifter

Vorteile unbemannter Systeme

- im Idealfall führen Roboter ihre Mission unbeaufsichtigt aus, die bei Bedarf jedoch von Menschen überwacht und korrigiert werden können
- entsprechend wurde ihr Potential von immer mehr Entscheidungsträgern erkannt
- komplett von unbemannten Systemen übernommen
- angesichts des steigenden Entwicklungstempos sind langfristig der weitgehenden Ablösung der bemannten Systeme kaum Grenzen gesetzt
- Heranziehung von Menschen zur Führung bemannter Fahrzeuge bringt einige physiologisch bedingte Begrenzungen mit sich
- wenn für die Überwachungspatrouillen in erster Linie UGV genutzt würden, könnte das Operationstempo der bemannten Fahrzeugen gesenkt werden
- Operatoren müssen nicht am Ort sein
- für den UGV- Einsatz bieten sich insbesondere riskante Operationen in den frühen Phasen eines militärischen Konflikts
- Patrouillen und Transportaufgaben in gefährlichen Kampfgebieten
- UGV vermitteln den Eindruck ständiger Präsenz

Offene Fragen

- Fahrer oder Operator für die Steuerung
- Systembediener steuert Sensorik und Bewaffnung
- bei Steuerung ohne direkte Sichtlinie (*line of sight*) auf dem Wege der Satellitenübertragung bis zu eine Sekunde Verzögerung
- wenig Sinneseindrücke (Fehlbedienung)
- zukünftige UGV weitgehend autonom, fahren selbstständig (Lagekontrolle, Navigation und Subsystemkontrollen werden vom Bordcomputer durchgeführt)
- mittels kombinierter GPS/INS- Navigation Fahrzeugposition weniger als einen Meter genau
- die Datenübermittlung für die Steuerung ist die Achillesferse der UGV- Systeme
- sichere hochvolumige Datenübertragung
- Datenkomprimierung
- Datenverschlüsseln (Kryptologie)

- doch auch bemannte Fahrzeuge sind bei der zunehmenden Datenvernetzung im Zuge einer netzwerkorientierten Kriegführung von der robusten Datenübermittlung abhängig
- Zukunft: Kontrolle und Koordination auch des bemannten Verkehrs wird automatisiert
- dies bedeutet, dass die Vermeidung von Zusammenstößen automatisiert zwischen den einzelnen Fahrzeugen selbst erfolgt
- Widerstände in der Öffentlichkeit zu erwarten

Entwicklungstendenzen

- ständig ändernde Wünsche der Streitkräfte treiben die Kosten in die Höhe
- vom belächelten Spielzeug zum militärisch und wirtschaftlich bedeutenden Hochtechnologieträger (bei der UAV schon derzeit, bei der UGV erst in der Zukunft)
- generell scheint das Interesse in Richtung größerer Fahrzeuge zu gehen (bei der UAV schon derzeit, bei der UGV erst in der Zukunft)
- die Forderung, UGV als Waffenplattformen zu benutzen, wird ebenfalls tendenziell zu größeren Fahrzeugen führen
- günstigeres Verhältnis von Volumen und Oberflächengewicht beim gleichen Schutz
- leistungsfähige Sensorsysteme benötigen viel Energie
- entsprechend motorisierte Plattformen
- Sensoren und Effektoren modular austauschbar
- Plattform sollte grundsätzlich modular ausgelegt sein
- Lastenheft eines zu beschaffenden UGV- Systems

6 VORTEILE UND NACHTEILE VON BODENROBOTERN

Für den gemischten Einsatz von Menschen und Robotern nehmen wir als Beispiel die Kolonnenfahrt. In der Vergangenheit haben die Fahrer des Pferdewagens viel weniger Stress gehabt, als Fahrer von derzeitigen Fahrzeugen. Natürlich hängt das mit der höheren Geschwindigkeit und dem immer größer werdenden Verkehr zusammen, aber nicht ausschließlich. Die Pferde beobachten auch, weichen die auftauchenden Hindernisse aus, geben Rückmeldung für den Fahrer. Sie können sogar von selbst nach Hause finden. Die Kraftfahrzeuge im Gegensatz zu den Pferden helfen dem Fahrer nicht, deshalb sollten wir irgendwie anders seine monotone Arbeit erleichtern. Wenn die Fahrzeuge in der Kolonne stundenlang, über mehrere hundert Kilometer fahren, könnten die Spuren von erstem Fahrzeug (halb-) automatisch „kopiert“ werden. So wäre es möglich auch den Abstand zwischen Fahrzeugen zu verringern. Die Belastung von mitfahrenden Fahrern wäre viel kleiner, weil sie nicht immer 100% konzentriert sein müssten, an einfacheren Strecken könnten sie sogar ruhen. Wer die ganze Kolonne führt entscheidet der Kommandant, es wäre möglich während der Fahrt in einen anderen „Fahrerplatz“ umzuschalten.

VORTEILE:

- in Roboterfahrzeugen gibt es keine gefährdete Besatzung
- keine ergonomischen Beschränkungen
- hermetische Abdichtung des Motorraumes ist nicht nötig/ Motorraum muss nicht getrennt sein
- Innenraum voll nutzbar, kann sehr klein sein: das ganze Fahrzeug kann damit kleiner sein
- ABC Schutz, Heizung, Klimatisierung, Lüftung, Beleuchtung ist nicht nötig
- Feuerunterdrückungsanlage muss nicht den strengen (wegen der Anwesenheit von Menschen) Gesundheits-Vorschriften entsprechen, Innenraum kann sogar sauerstofffrei sein

- wegen eventuellen Feuer entstandene giftige Rauchgase sind unproblematisch, bei der Konstruktion (Material-Wahl) müssen wir dies nicht berücksichtigen
- unbeschränkter Aufenthalt in „Stellung“, auch in verseuchten Gebieten
- wir müssen die strenge ergonomische Anforderungen nicht berücksichtigen
- Vibrationen, starke Stöße, Schockbelastungen, Lärm sind unproblematisch
- bei Roboterfahrzeugen mit billigerem Aufbau können wir wegen der Erhöhung von Nutzlast auch leichteren Panzerschutz verwenden
- eventueller Fahrzeugverlust ist taktisch und finanziell einkalkulierbar => „Einwegrobotern“
- mit gängigen Transportflugzeugen luftverlastbar
- „vollgepackte“ Roboterfahrzeuge mit relativ kleinen Auftriebsvolumen könnten eventuell tauchen (Motorluft über Schnorchel, oder kurzzeitig von Druckflaschen)
- niedriges Profil – niedrige Silhouette
- „Selbstzerstörung“ jederzeit durchführbar

NACHTEILE:

- Besatzung ist nicht voll ersetzbar
- für den Mannschaft- Transport nicht verwendbar (eventuell für den Robotern-Transport)
- immer einsetzbare Roboterfahrzeuge mit ausreichender Sicherheit sind relativ teuer
- braucht gut ausgebildete Bedienungs- und Instandhaltungspersonal
- fernsteuerndes Bedienungspersonal, ohne Eigengefährdung, kann eventuell zu sehr riskanten Aktionen hingerissen werden
- autonome Wahrnehmung von „negativen“ Hindernissen (Löcher, tiefer Graben, weicher Boden...) ist sehr schwierig
- Datenverarbeitung (nahe) Echtzeit braucht große Rechner-Kapazitäten mit Temperaturbeständigkeit auch bei sehr tiefen Temperaturen (bis zu -40°C)
- feldsichere und zerstörungsresistente Subsysteme sind nötig
- nicht störbare / nicht erkennbare Funkverbindungen zu garantieren ist sehr schwierig
- Entwicklung und Systemkomponenten können sehr teuer sein

Allerdings stellt uns die Abwesenheit der Besatzung vor neuen **Problemen mit der Verwendung, Bedienung von Fahrzeugen, Ethik der Waffenbenützung**. Mit diesen Themen habe ich mich in zwei Artikeln detailliert beschäftigt [6,7] Nicht nur bei den Friedenskräften, aber auch bei anderen Kampfverbänden ist der Einsatz von selbststeuernden (autonomen) Robotern fraglich. Die Verwendung von Waffen ohne Aufsicht des Bedienungspersonals sollte vom militärischen Ethik und Recht verboten werden. Bis jetzt gibt es keine, und wahrscheinlich wird es noch eine sehr lange Zeit **keine künstliche Intelligenz** geben, **was die Verantwortung von Menschen übernehmen könnte!** Auch deshalb wäre es sehr sinnvoll alle Roboter mit einer „Black-Box“ auszustatten.

7 UGV – PLATTFORMEN – ENTWICKLUNG

Bei der Konvoifahrt könnten Roboterfahrzeuge auch als **Träger von** manchen nicht tödlichen, „**non lethal / nicht-letal**“ **Waffen** [23] für die direkte Verteidigung eingesetzt werden. Neu entwickelte Waffen sind oft groß und schwer, sie können auch für das eigene Bedienungspersonal gefährlich sein. Anders gesehen: wenn wir auf das Bedienungspersonal keine Rücksicht nehmen müssen, dann kann die Waffen-Ausführung viel einfacher/billiger sein. Zusätzlich ist auch der lokale Rundum- Schutz vom Fahrzeug gelöst.

Für oben beschriebenen und ähnlichen Anwendungen ist es nötig, dass die einzelnen Fahrzeugkomponenten elektronisch steuerbar, oder noch besser fernsteuerbar sind. Vieles gibt

es schon, die fehlende Komponente müssen wir bei den erfahrenen Herstellern entwickeln lassen.

Schon jetzt sind eingebaut:

- vollelektronisch geregelte Motoren
- automatische Getriebe
- automatisch wirkende Längs- und Quersperren, wie zum Beispiel das von der Firma Steyr entwickelte ADM System: (Automatic Drive-train Management-System (ADM-System) [24, 25]
- statt Periskopen Kameras
- „swim by wire“ fernsteuerbare Schwimmkomponenten
- statt Ein- Zweimann Türmen ferngesteuerte: RCWS- Remote Controlled Weapon Stations, z.B. [26]

Bei einzelnen Fahrzeug-, resp. Waffensystem-Komponenten ist **schon bei der Entwicklung, oder bei der Ausschreibungen zu berücksichtigen, dass sie möglichst fernsteuerbar sind**. Die geschätzte Lebensdauer von den in der letzten Zeit eingeführten, resp. im Bau befindlichen Fahrzeugen sind mehrere Jahrzehnte. Veralterungszeiten der Steuerungssysteme sind nach wenigen Jahren veraltet. Schon jetzt ist es nötig mit der Ausbildung von Robotern- Bedienungspersonal, Operatoren zu beginnen, theoretisch auf eine bisherig weit entfernte Wahrnehmung- und Handlungs- Dimension vorzubereiten.

Wegen verantwortungsvollen Handelns braucht das weit entfernte Bedienungspersonal ein umfangreicheres und echtzeitiges Bild. Deshalb ist die echtzeitige, breitbandige, angemessen verschlüsselte, störungsfreie Datenübertragung viel mehr hervorzuheben.

Roboterfahrzeuge (Basisplattformen) müssen mindestens so gute Geländegängigkeit und Höchstgeschwindigkeit haben, als bemannte Fahrzeuge (wegen wirksamer Mitwirkung, gemischten Kolonnenfahrten, usw.)

Argumente für einen 6x6 Grundfahrzeug:

- bewehrt, leistungsfähig, zuverlässig, erprobt
- klein, wendig, relativ niedriges Profil
- handelsübliche Komponenten
- relativ billig, wirtschaftliches Betrieb
- sehr viele kleine Bodenroboter haben 6x6 Antrieb (wegen Geländegängigkeit)
- auch unbemannte Fahrzeuge, mit teuren Systemen ausgestattet, brauchen eine solide Grundpanzerung und Minen- resp. IED- Schutz
- tiefe Rampe (wie z.B. bei PANDUR-Valuk), oder sogar sinkbare Rampe (wie bei LKW-s) für eventuell mitgeführten kleineren Roboterfahrzeugen (z.B. Entschärfungsrobotern) ermöglicht den selbständigen „Aus- und Einbooten“
- verstärkte Komponenten - Reserven für =>
- **militärisch relevante Nutzlasten**

ZU ENTWICKELN?

- eine reine **Nichtschwimmer** Basisvariante - Entwicklungs- und Kostenreduktion
- **Notschwimmen** mit aufblasbaren Säcken (ohne Besatzung eventueller Verlust einkalkulierbar)
- **Voll- Schwimmvariante** (Hochseetauglich) separates Leichtbau mit anderer Materialwahl, strengeren Korrosionsschutz (auch gegen Salzwasser), speziellen Dichtungen, zielorientierten Aufhängungen und Wannenform usw.

Subsysteme:

- Lastenheft eines zu beschaffenden UGV- Systems definieren
- Welche Subsystemen können wir weglassen im Vergleich zu bemannten Fahrzeugen?
- Was brauchen wir zusätzlich?
- Forderungskatalog (Final Operational Requirements)
- Durchführbarkeitsstudien (Feasibility Studies)
- Militärische Anforderungen (Military Requirements)
- Technischer Testzyklus (Technical Test Cycle)
- Automatischer Abstandhalter – Abstandsregeltempomat
- Spurhalteassistent, Einparkassistent
- Interaktiver Austausch von Daten, integrierte und externe Diagnose Tools (diagnostische und prognostische Informationen in Echtzeit), „Black-Box“-en
- Beim Ausfall von der Steuerung (z.B. wegen schlechter Funk- Verbindung) während der Fahrt ist es nötig einen „Notverhalten“ zu definieren, was das Fahrzeug genau machen soll, abhängig von Fahrsituationen, momentanen Geschwindigkeiten, usw.
- Einrichtung zum „irgendwie Heimkommen“ (Limp Home Facility)
- Lokales Rundum- Schutz gegen Feindeinwirkung
- akustische Warnung und nicht letaler (Selbst-) Schutz gegen Vandalen, zivile Bevölkerung, neugierigen Kindern, usw.

Bemannte Roboterfahrzeuge – mit Tauschcontainern im Nutzlastbereich – können als eine „Kapsel“ („Crew Citadel“) für die Besatzung ausgeführt werden. Diese Mannschaftszellen können mit verschiedenen Schutzkits (verschiedene Schutzstufen) ausgestattet werden. Die Möglichkeit von autonomem/ferngesteuertem Abtransport von Verletzten aus gefährlichen Gebieten hat ein sehr hohes Potenzial in sich.

Eventuelle „Vernetzung“ von Roboterfahrzeugen mit Roboterflugzeugen und/oder Roboterhubschraubern mit Kameras und Zeitgleich-Datenübertragung untersuche ich in einem eigenen Kapitel.

8 ZUSAMMENARBEIT/SYMBIOSE VON BODEN- UND FLUGROBOTERN UGV & UAV => UGAS

Landfahrzeuge können nicht „über den Hügel“ sehen, deshalb sind Informationen von der Luftaufklärung sehr wertvoll. Starten und Landen von unbemannten Flugzeugen sind immer mit Gefahren verbunden. Eingebaute Beobachtungsgeräte und Waffen (auch wegen angeforderten niedrigen Gewichts) sind sehr empfindlich und teuer. Diese Teile, beziehungsweise das ganze Flugzeug sind beim Landen sehr gefährdet. Flugapparate mit Drehflügeln lösen die Probleme auch nicht. Im Vergleich zu unbemannten Flugzeugen sind ihre Überlebensraten leider viel niedriger, sie sind lauter (leicht aufklärbar), teurer, haben kürzere Lebensdauer, ihr Betrieb ist weniger wirtschaftlich, sie sind langsamer und haben einen kürzeren Aktionsradius. Von ihrem Konstruktionsaufbau gegebene Vibration verursacht auch Schwierigkeiten. Das Einsatzgebiet von Hubschraubern konzentriert sich weiterhin auf spezielle Anwendungen, wo andere Fluggeräte ausgeschlossen sind.

In Konfliktsituationen können wir uns nicht nur auf Daten von Satelliten-Navigations-Systemen verlassen. Diese sind leicht störfähig, oder können für uns nicht entschlüsselbar kodiert sein. Mit verschiedenen Sensoren (Kamera, Radar, Laserradar) ausgestattete kleine

unbemannte Flugzeuge mit Starrflügeln sind besser für die echtzeitige Kampffeld-Beobachtung geeignet.

„Symbiose“ von Boden- und Flugrobotern kann weiter für die lokale Luft-Aufklärung dienen. Die Flugroboter helfen den weiteren Weg zu bestimmen, eventuelle Hindernisse, Gefahren, Fallen zu orten, und ausreichende Informationen für die Festlegung von möglichen Umfahrungen zu sammeln.

Volle Automatisierung ist sehr wichtig auch wegen der **Sicherheit**. Aktive Mitwirkung des ungeschützten Bedienungspersonals auf offenem Gebiet ist wegen eventueller Feindeinwirkung sehr gefährlich, bzw. durch Flugbahn von eigenen Fluggeräten. Beispiel stellen die häufigen Modellflugzeug-Unfälle dar. Diese geschehen oft mit der Aufsicht von geübten Piloten unter friedlichen Umständen! Beim Starten und Landen von/auf eine(r) Fläche von mindestens 10 m breit und 100 m lang sind die stehenden und bewegenden Soldaten, die zivile Bevölkerung, neugierige Kinder, Tiere, Fahrzeuge und wegen einem eventuellen Zusammenstoß selbst die Roboterflugzeuge gefährdet.

In der Presse, im Internet, im Fernseher sind oft spektakuläre „Aktionsbilder“ über Soldaten zu sehen, die in den offenen Gebieten aus der Hand (kleinere) Roboterflugzeuge starten. Im Einsatz kann das sehr gefährlich sein, weil es einen aus der Ferne sehbares, völlig „offenes“ Zielpunkt bietet!



1. Bild. Starten von Kleinflugzeugen aus der Hand [27]

Ich bin überzeugt, dass das vollautomatisch funktionierende Roboterflugzeugträger-System technisch, steuerungstechnisch schon in der nächsten Zukunft verwirklicht ist.

FLUGROBOTER „WERFER UND FÄNGER“

Ein mehrachsiger Industrieroboter-Arm „wirft“ den Flugroboter auf die Flugbahn, und nach dem Einsatz fängt er es wieder ein! Nötig ist eine „Dockstelle“ in der Nähe des Massenschwerpunktes und ein Sender. Nach dessen Signalen findet mit der Hilfe von einem

Empfänger am Roboterarm die sichere Verbindung rechtzeitig statt und das Fluggerät ohne Überlast kann auf dem Restweg gebremst werden.



2. Bild. Starten und Landen von Kleinflugzeugen mit Roboter-Arm (Bild vom Autor)

Das Wesentliche meines Vorschlages ist, dass nicht der Flugroboter die Dockstelle sucht, weil eine „cm“ Genauigkeit heute noch nicht erreichbar ist. Es fliegt nur einfach mit niedriger Geschwindigkeit über den, in Bereitschaftsposition wartendem Roboterarm. Der Roboterarm „jagt“ von hinten und von unten die Maschine runter. Die Geschwindigkeit, Beschleunigungswerte, Genauigkeit und Nutzlast von Industrierobotern machen das möglich. Wenn die rechnerische Auswertung nach Flugzeugtyp, momentanen Gewicht, Kurs, Höhe, Empfindlichkeit von den an Bord befindlichen Geräten, Waffen, gefährlichen Stoffen, nach meteorologischen Situation usw. die Landung nicht sicher beurteilt, dann bleibt der Roboterarm in der Grundposition. Momentanes Gewicht wird nach der Betriebszeit, den Betriebszuständen (Kraftstoffverbrauch), resp. auf Grund des eventuellen Munitionsverbrauchs interpoliert. Wenn nach einer positiven Entscheidung vom Rechner die „Andockung“ doch nicht gelingt (z.B. wegen einer starken Windböe) startet das Flugzeug durch. Nach einer „Ehrenrunde“ bietet das Flugzeug gegen die Windrichtung manövrierend wieder und wieder (bis es gelingt) eine Möglichkeit für den Einfang. Nach einer gelungenen Andockung werden die Antriebsmotoren sofort automatisch ausgeschaltet, Elektromotoren sind theoretisch sogar in Bremsmodus umschaltbar. Alle Flugbewegungen befinden sich über den Köpfen, in sicherer Höhe.

Schnelles und vor allem sicheres Starten/Einfang von Flugapparaten mit Drehflügeln sind auch möglich. Bei starkem Wind, wenn die am Boden stehenden Fluggeräte nicht mehr in Sicherheit sind, könnte es eine große Hilfe bieten: es könnte die Einsatzmöglichkeiten ausweiten. Beim Landen wartet der Hubschrauber hoch schwebend über der Roboterarm, bis es von der Dockstation sicher fixiert ist. So könnte die Gefahr von Entstehung von Bodenwirbeln und Wirbelringen [28] minimiert werden.

Derzeitige Industrierobotern mit vielen Freiheitstufen, mit sehr genauen Positions- und Bahnwiederholungsgenauigkeiten, hohen Gelenkdrehmomenten und Achsgeschwindigkeiten übertreffen die Möglichkeiten vom menschlichen Arm.

Die höheren Landungsgeschwindigkeiten von größeren Flugzeugen sind wahrscheinlich nur mit Weiterentwicklung erreichbar, zum Beispiel auf Nachteil der absoluten Genauigkeit, was bei dieser Anwendung nicht so maßgebend ist. Der Bewegungsraum, Kräfteerichtungen sind auch begrenzt, angepasst an diese spezielle Anwendung.

VORTEILE VOM SYSTEM:

- voll automatisierbar
- starten praktisch ohne Vorbereitungszeit
- Fluggeräte können viel einfacher und leichter/belastbarer sein
- alle bisherigen Komponente, welche den sicheren Start und das Landen ermöglichen (Räder, Kufen, Schutzhüllen, verstärkte Teile, Dämpfern, Energieabsorbers, Luftsäcke, Fallschirme, Schwimm- Körpern/Pontonen usw.), können wir weglassen
- Geräte müssen nicht so robust gebaut werden, viel seltenere „harte“ Landung (bei herkömmlichen Landung als Grenzfall eingestuft/übertroffenen Verhältnissen)
- im automatischen Betrieb ist das Bedienungspersonal geschützt, so bei Schlechtwetter (Kälte, Wind), bei schlechten Sichtverhältnissen (in der Nacht, bei Nebel, Regen, Schnee) ist nicht zu Wettereinflüssen ausgesetzt
- in ABC verseuchten Gebieten ist es auch einsetzbar
- verwendbar außerhalb von „grünen Zonen“, wo wir die Anwesenheit von feindlichen Richtschützen nicht ausschließen können
- bessere allgemeine Sicherheit
- „Docken“ auf bewegende (!) Fahrzeuge, stark „schaukelnde“ Schiffe (wegen dem Wellengang), aufgetauchten U-Boote sind möglich, das kann auch bei unbemannten Fluggeräten mit Drehflügeln wichtig sein
- bewegende Fahrzeuge können sogar (größere) Roboterfahrzeuge sein
- nach der Einführung wirtschaftliches Betrieb

NACHTEILE VOM SYSTEM:

- bei Landfahrzeugen ist wegen Gewichtsbeschränkungen das bedienbare Gewicht der Drohnen begrenzt
- für schwerere Drohnen bräuchten wir schwere Roboterarme mit sehr großen Abmessungen für das Erreichen der nötigen Beschleunigungs- und Bremskräften (für die stationäre Anwendung kann ich mir eine Entwicklung von diesen überschweren Systemen vorstellen)
- bis zu der System-Einführung sind viele Probleme zu lösen, die Details müssen ausgearbeitet werden und langfristig testen
- die materiellen Aspekte von solchen Projekten sind nicht zu vernachlässigen
- die Entwicklung einer mit ausreichender Traglast und Geschwindigkeit, den strengen militärischen Anforderungen entsprechende, bei rauen Bedingungen (z.B. extreme Temperaturen) verwendbare, für diese Anwendung optimalisierte Industrieroboter kosten viel Geld

Größere Militärfahrzeuge sind als „Roboterflugzeugträger“ geeignet. Kleine Roboterflugzeuge haben meistens kleineren Aktionsradius, deshalb ist es zielführend es zum Einsatzgebiet näher zu transportieren. Für die Erfüllung einer eigener Mission bleibt ausreichend Kraftstoff/Energie. Das Transportfahrzeug kann als Arbeitsplatz für die

Operatoren, resp. bei den Robotfahrzeugen als Übertragungsstation zwischen Bedienungspersonal und Roboterflugzeugen dienen.



3. Bild. „Roboterflugzeug-Träger“ (Bild vom Autor)

Ein Roboterarm kann mehrere Flugapparate bedienen, nach dem Einsatz werden sie automatisch auf ihren Transportplatz gelegt. Von diesem Platz kann das Bedienungspersonal das Flugzeug für Instandhaltung, Reparatur, Kraftstoff/Energie Auffüllung, Programmieren, Tausch von Subsystemen, usw. ins Fahrzeuginnere einnehmen.

9 AUSBLICK

Für immer größere Selbstständigkeit sind weitere Schritte wichtig: für ungestörtes Patrouillieren können die Beobachtungs-, und/oder Antriebseinheiten, Batterien, Kraftstofftanks, Waffen und Munition selbständig (ohne direktes Einwirken vom Bedienungspersonal) getauscht und ergänzt werden. Aufgenommenes Informationsmaterial muss nicht immer „online“ gesendet werden. So sind die Systeme weniger störbar, weniger aufklärbar/zerstörbar, nicht so energieaufwendig. Bei einer kurzen Zwischenlandung, nach dem automatisierten Tausch von Datenträgern, können die Patrouillieren fortsetzen. Die Zusammenarbeit von Roboterfahrzeugen und Drohnen als Sensorträger bei der Erstellung von Bildfolgen dient zur Ausarbeitung von realen 3D-Modellen. In Deutschland: „Für die Verfahren ist ein Experimentalsystem ABUL (Automatisierte Bildauswertung am Beispiel UAV LUNA) entwickelt worden...“ [29]

„Heute spricht sehr viel dafür, dass der Mensch seine Intelligenz als steuerndes Element einsetzen und sich zunehmend von der unmittelbaren Frontlinie zurückziehen und sie den ferngesteuerten Maschinen überlassen wird. Die fliegenden Roboter-Systeme bilden dabei lediglich den Anfang.“ [22]

Bodenroboter werden wahrscheinlich die klassischen Transport- und Kampffahrzeuge nie völlig verdrängen. Die sinnvolle Kombination von Robotern und klassischen Fahrzeugen (die

Hybrid-Verbände) werden in der Zukunft aber Raum gewinnen, vor allem bei den Spezialeinheiten. Die wissenschaftliche Forschung in der nahen Zukunft muss Antwort finden auf technischen, strategischen (militärtaktischen) und ethischen Fragen (welche die Kriegsverwendung von der Robottechnik stellt). Wirtschaftlich muss die Weiterentwicklung von militärtechnischen Mitteln so erfolgen, dass diese wirkungsvoll eigene lebende Kräfte schützen und erfolgreich den Kampf mit der gegnerische Seite aufnehmen können. Heute können die technische Möglichkeiten den Menschen ersetzen. Die Wissenschaftler sollten die optimale Proportion finden wo Mensch und Maschine sich vervollständigen.

Es wäre schon derzeit sinnvoll alle Fahrzeugkategorien vor der Ausschreibung/Entwicklung/Beschaffung zu überprüfen auch als fernsteuerbare UGV-Ausführung.

Ältere Militärfahrzeuge könnten – statt teuren, und fast immer zu Kompromissen führenden Modernisierungen – als UGV Plattformen umgebaut werden. Auch ältere Fahrzeuge haben oft einen soliden Schutz, aber sind z.B. gegen IED-s nicht ausreichend geschützt. Einen Zusatzschutz zu entwickeln ist oft nicht möglich, oder nicht rentabel.

10 FAZIT

Bei der Durchführung von Logistischen-, Konvoibegleitungs- und den gefährlichsten Aufklärungsaufgaben verursachen die Terrorangriffe (meistens durch Minen und selbstgebastelten Sprengmitteln) den Truppen enorme personelle und materielle Verluste. Die immer verbreitetere Verwendung von Bodenrobotern ist eine Möglichkeit für Verlustreduzierung. In der Logistikkette bereitet der Ausfall von einzelnen Fahrzeugen (inklusive Ladung) keine großen Schwierigkeiten. Der Nachschub ist in wenigen Tagen möglich – der Verlust von Menschenleben ist hingegen nicht ersetzbar! Deshalb sind die Soldaten bzw. deren Leben erstrangiges Ziel von Terroristen und nicht die Fahrzeuge! Laut Oberst Walter Ohm, General der Heereslogistiktruppen: *„Es gibt's kein „hinten“ und kein „vorne“, überall ist vorne“* [30]

Vermehrte Einführung von Roboterfahrzeugen könnte den Rückgang von Anschlägen gegen Konvois bewirken – ohne vorhandene Zielpersonen werden die Anschläge zwecklos. Natürlich braucht man für nötige Bergungen (eventuelle Fallen!) sehr gut geschützte Bergfahrzeuge, oder (ebenfalls) ferngesteuerte Roboterfahrzeuge.

Literatur:

1. Koleszár Béla: Harcjárművek továbbfejlesztése és a szárazföldi robotok = Weiterentwicklung von Kampffahrzeugen und die Bodenroboter; Hadmérnök http://www.hadmernok.hu/archivum/2008/1/2008_1_koleszar.html
2. Koleszár Béla: Elképzelések a szárazföldi és légi robottechnikai eszközök jövőbeni kölcsönös együttműködéséről/szimbiózisáról = Überlegungen zu der zukünftigen gegenseitigen Zusammenarbeit/Symbiose von Boden- und Flugrobotern http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2008_cikkek/Koleszar_Bela.pdf
3. Koleszár Béla: Szárazföldi robotok, az UAV-k szegény rokonai? = Bodenroboter, die armen Verwandten von UAV-s? http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Koleszar_Bela.pdf
4. Koleszár Béla: Szárazföldi robottechnikai eszközök tervezésének és alkalmazásának biztonsági szempontjai = Die Sicherheitsaspekte der Konstruktion und Anwendung von Boden-robotertechnischen Geräten (http://hadmernok.hu/2009_2_koleszar.pdf)

PowerPoint:

http://www.zmne.hu/tanszekek/ehc/konferencia/prezrw8/Koleszar_Bela.pdf

5. Koleszár Béla: A földi robottechnikai eszközök informatikai részegységeivel szemben támasztott speciális (terepi kivitelű igénylő) követelmények rendszerezése, elemzése = Gliederung und Analyse von speziellen (geländetaugliche Ausführung benötigende) Anforderungen für Informatik-Untergruppen von Boden-robotertechnischen Geräten http://hadmernok.hu/2009_4_koleszar1.pdf
6. Koleszár Béla: A robothadviselés etikai kérdései I. Harci robotok = Ethische Fragen zu Roboterkrigen I. Kampfrobotern http://hadmernok.hu/2009_4_koleszar2.pdf
7. Koleszár Béla: A robothadviselés etikai kérdései II. Katonai erkölcs = Ethische Fragen zu Roboterkrigen II. Militärmoral http://hadmernok.hu/2010_1_koleszar.pdf
8. Koleszár Béla: A vegyes, humán és robotjárművekből álló konvojok modellezése = Modellierung von Konvois bestehend aus gemischten, Human- und Roboterfahrzeugen http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2010_cikkek/Koleszar_Bela.pdf
9. Koleszár Béla: Szárazföldi harcjárművek és robotjárművek védelme a rögtönzött robbanóeszközök ellen = Schutz von Land-Kampffahrzeugen und Roboterfahrzeugen gegen improvisierte Sprengsätze, Műszaki Katonai Közlöny 2010
10. Koleszár Béla: Járművek robbanásvédelme = Sprengschutz von Fahrzeugen; (in Publikation)
11. Koleszár Béla, Ványa László: Ó, a Robot (Isaac Asimov után szabadon) = Er, der Roboter (frei nach Isaac Asimov) (in Publikation)
12. Koleszár Béla: Predstavy o budúcom spoluúčinkovaní obrnených vozidiel, pozemných a vzdušných robotov = Überlegungen zu der zukünftigen gegenseitigen Zusammenarbeit von Boden- und Flugrobotern, Konferencie „Špeciálna technika 2008“ Bratislava
13. http://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_C-130
14. <http://de.wikipedia.org/wiki/RPG-7>
15. <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1134014>
16. http://www.streitkraeftebasis.de/portal/a/streitkraeftebasis/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLNwyON_Z1DQVJQjiOhgb6kQjxoJRUFV-P_NxUfW_9AP2C3IhyR0dFRQBrhHPs/delta/base64xml/L2dJQSEvUUt3QS80SVVFLzZfMVNfM01FVQ!!?yw_contentURL=%2F01DB040000000001%2FW284XGFE5781NFODE%2Fcontent.jsp
17. David Eshel: Schutz vor improvisierten Sprengsätzen, Truppendienst 1/2007 <http://www.bmlv.gv.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=558>
18. Dan Löffler: Schützenpanzer PUMA, <http://www.danmil.de/15433.html>
19. Ario Pfeifer: Überlebensfähigkeit und Schutz; Strategie & Technik Februar 2010, p.46
20. Ványa László: Pilóta nélküli repülőgépek és földi eszközök a rádió-távírányítású alkalmi robbanótestek (RCIED) elleni harcban; Repüléstudományi Közlemények 2008. április 11 Kiadó: ZMNE ISSN: HU ISSN 1789-770X http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2008_cikkek/Vanya_Laszlo.pdf
21. Joint Robotics Program Master Plan FY2005 http://www.jointrobotics.com/activities_new/2005%20JRP%20Master%20Plan.pdf

22. Sascha Lange: Flugroboter statt bemannter Militärflugzeuge? Stiftung Wissenschaft und Politik - Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit)- Studie Juli 2003, Berlin http://www.swp-berlin.org/common/get_document.php?asset_id=187
23. Nicht-tödliche Waffe http://de.wikipedia.org/wiki/Nicht-t%C3%B6dliche_Waffe
24. Franz Kosar: Die "Pandur" II-Radpanzerfamilie 6 x 6 und 8 x 8
<http://www.bmlv.gv.at/truppendienst/ausgaben/artikel.php?id=60>
25. Automatic Drivetrain Management
http://de.wikipedia.org/wiki/Automatic_Drivetrain_Management
26. Samson Remote Controlled Weapon Station
http://en.wikipedia.org/wiki/Samson_Remote_Controlled_Weapon_Station
27. http://images.dailytech.com/nimage/13211_large_Army%20UAVs.JPG
28. Gausz Tamás-Szilágyi Dénes: *Az örvényesség és a helikopterek*; Repüléstudományi közlemények: „Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben” 2005. 04. 15 ZMNE Szolnok;, p.p. 5-7 HU ISSN 1789-770X
29. Norbert Heinze: Automatisierte Bildfolgenauswertung für die luftgestützte Überwachung und Aufklärung. Wehrwissenschaft Forschung & Technologie Jahresbericht 2007 http://www.int.fraunhofer.de/FuT_Jahresbericht_07_de.pdf
30. Michael Horst und Gerhard Heiming: Heereslogistik der Zukunft; Strategie & Technik Februar 2010, p. 31