



Russischer Kampfhubschrauber Ka-52 Alligator mit Sensoren, in denen 22 westliche Chips verbaut sind.

©Georg Mader

Keine Chips mehr für Moskau und Minsk

Von Georg Mader

Nach der Invasion der Ukraine durch Russland haben die USA, Großbritannien, die EU und weitere Staaten massive Technologie-Sanktionen gegenüber Russland verhängt. Und inzwischen ist dank nicht explodierter bzw. unzerstört stehen gelassener Ausrüstung das erstaunliche bzw. unerwartete Ausmaß der Verwendung westlicher Halbleiter in russischen Waffensystemen offenbar geworden. Welchen Weg diese „Standardchips“ nach ihrem erstmaligen Verkauf einschlugen, ist aber selbst für deren Hersteller meist nicht nachzuvollziehen bzw. eher Aufgabe der Geheimdienste.

©Ukraine-Intelligence-Foto



US-amerikanische und taiwanische Chips aus einem russischen Luftabwehr-Kommandofahrzeug Barnaul

Erklärung der G7 zur Unterstützung der Ukraine



(Elmau, 27. Juni 2022; Auszug)

Wir werden gezielte Sanktionen miteinander in Einklang bringen und ausweiten, um Russlands Zugang zu wichtigen von unseren Volkswirtschaften erzeugten industriellen Vorprodukten, Dienstleistungen und Technologien weiter einzuschränken, insbesondere zu denen, welche Russlands industrielle Basis im Rüstungsbereich und seinen Technologiesektor stützen.

Dass Mikroelektronik längst auf breiter Ebene in militärischer Ausrüstung und in Waffen eingesetzt wird, ist logisch und weithin bekannt: Drohnen, Lenkkraketen, Hubschrauber, Kampfflugzeuge, Fahrzeuge und Geräte zur elektronischen Kriegsführung benötigen allesamt viele verschiedene Chips. Bevorzugt werden hier meist ältere Halbleiter verwendet, die vielleicht nicht dem neuesten Stand der Technologie entsprechen, dafür aber gut erprobt und hinsichtlich Temperatur und Druck robust sind. Nach den neuen internationalen Sanktionen dürfen nun aber selbst einige der einfachsten Chips nicht mehr an russische Unternehmen geliefert werden.

Für die empfindlichsten Chips, die unter die internationalen Waffenhandelsbestimmungen fallen, kön-

nen zum Beispiel US-Unternehmen, die sie verkaufen, durchaus schmerzhaft haftbar gemacht werden, wenn der Chip in einer Anwendung gefunden wird, die von einem Unternehmen stammt welches auf der US-Verbotsliste steht. Die USA versuchen zudem, auch Firmen aus Ländern, die keine Sanktionen erlassen haben, dazu zu zwingen, die US-Vorschriften zu befolgen, wenn dort Elektronik nach US-Patent oder US-Verfahren hergestellt werden.

Wie im Drogenhandel ...

Soweit die Theorie bzw. die gute, aber vielleicht naive Absicht. Denn nachzuvollziehen, wohin die Chips gehen bzw. einst gingen, gleicht laut US-Beamten für Technologiepolitik der Verfolgung von Drogenströmen. Es gäbe da Mittelsmänner, Geldwäsche und ein Schwarzmarkt-Vertriebsnetz. Als z. B. der Hersteller MARVELL Technology Group Ltd. aus dem Silicon Valley erfuhr, dass einer seiner Chips in einer sichergestellten russischen Überwachungsdrohne gefunden wurde, strebte er eine Untersuchung an, wie es dazu kommen konnte. Der Chip kostet pro Stück weniger als zwei US-Dollar und wurde bereits 2009 an einen Händler in Asien geliefert. Dieser verkaufte ihn an einen anderen Händler in Asien, welcher wiederum später sein Geschäft aufgab. Danach verliert sich die Spur und konnte laut MARVELL nicht weiter zurückverfolgt werden. Jahre später tauchte der Chip in einer sichergestellten russischen Drohne wieder auf, die in deren letzter Version „Forpost“ nun auch bewaffnet ist.



Mit MANPAD abgeschossener russischer Kampfhubschrauber Mi-28M (NATO-Bezeichnung „Havoc“) mit noch intakter Sensorbaugruppe

Obwohl große staatliche russische Rüstungswerke wie das Panzerwerk Uralwagonzawod (T-90M, T-14 Armata) laut sogar russischen Medien wegen des Ausfalls an kritischer Elektronik angeblich vorerst stillstehen, werden sich, wenn Geld keine Rolle spielt, Wege finden. Daher geht es für den Westen nicht darum, jeden einzelnen Chip aufzuspüren, viel wichtiger ist es, die Lieferketten zu unterbrechen. Das ist eher eine Aufgabe für die Geheimdienste, jene haben in den USA z. B. bereits einige Erfolge (Verurteilungen) gegen den grauen Schmuggel von Teilen in den Iran für die 2006 von der U.S. Navy ausgeschiedene F-14 Tomcat erzielt. Andererseits dürfte die Suche nach einer Lösung auch neue, kreative technische Ansätze erfordern. So wäre es eine gute Sache, zu wissen, wo die Chips hingehen, indem man zum Beispiel jedem Chip ein Schlüsselpaar mitgibt, das ihn erst authentifiziert. Der Tipp kam übrigens kürzlich gegenüber Reuters von Eric Schmidt, dem früheren Google-Vorsitzenden.

Branchenriese Taiwan

Miniatur-Halbleiterausstattung ist seit Jahren gemessen am Exportwert zu einer Hauptkategorie von Taiwans Maschinenexporten geworden und machte 2021 32,0 Prozent des Gesamtexportvolumens aus, wobei Hongkong, Singapur, die USA und – in krassem Widerspruch zu den militärischen Wiederanschluss-Invasionsdrohungen Pekings – Festlandchina die wichtigsten Märkte des asiatischen Inselstaates sind. Kleinste erreichte operationelle Chip-Größe sind Knoten von vier Nanometer (nm), in der Forschung ist man angeblich schon bei einem (1 nm!) angelangt. Größere Größen (16 bzw. 28 nm) welche in Russland z. B. von ELBRUS zwar entwickelt, aber nicht hergestellt (geätzt) werden können, haben russische Anwender bisher in Taiwan produzieren lassen. Während Taipeh es Russland (und Weißrussland) trotz des Ukrainekrieges anfänglich noch erlaubte, CPUs von seinen Unternehmen zu kaufen, wurden nun per 1. Juni 2022 einige große Hürden eingezogen. Das Fachjournal „DigiTimes“ berichtet, dass Taiwans Wirtschaftsministerium (MOEA) eine Liste strategischer Hightechwaren bzw. Komponenten veröffentlicht hat, deren Export nach Russland und Weißrussland nun verboten ist. Belarus ist enthalten, weil das MOEA glaubt, dass es Russland bei der Weitergabe solcher Hightech helfen könnte. Die Liste, die der Kategorie 3 bis Kategorie 9 des Wassenaar-Abkommens entspricht, umfasst nicht nur moderne Halbleiter (Mikrochips), sondern auch Technologien, die jene herstellen oder zurückentwickeln könnten, darunter Lithografiegeräte, Scanner und Rasterelektronenmikroskope. Somit sind folgende Artikel für Moskau und Minsk unter Embargo:

- Mikroprozessoren oder Mikroschaltkreise, die Leistungsgeschwindigkeiten von 5 GigaFlops oder mehr (zum Vergleich: Der Nintendo 3DS hat eine Spitzenleistung von 4,8 FP32 GFLOPS) erreichen bzw. eine Arithmetik-Logik-Einheit mit einer Zugriffsbreite von 32 Bit oder mehr,
- welche Betriebstaktfrequenzraten von 25 MHz übersteigen,
- welche mehr als einen Daten- oder Befehlsbus oder einen seriellen Kommunikationsanschluss, der eine

direkte externe Verbindung zwischen parallelen Mikroschaltungen mit einer Übertragungsrates von 2,5 MB/s bereitstellt,

- ICs mit ALUs mit einer Breite von mehr als 32 Bit, mehr als 144 Pins oder einer grundlegenden Verzögerungszeit für die sogenannte Gatterausbreitung von weniger als 0,4 Nanosekunden,
- Ausrichtungs- und Belichtungsgeräte für die sogenannte Wafer-Herstellung mit fotooptischen oder Röntgenverfahren, wie z. B. Lithografiegeräte mit Bildprojektion und -übertragung, Step-and-Repeat-Betrieb (direkter Schritt auf Wafer) oder Step-and-Scan-Betrieb (Scanner) sowie
- Rasterelektronenmikroskope, die für die automatische Inspektion von Mustern von Halbleiterbauelementen entwickelt wurden.

Die gegen Russland wegen des Krieges mit der Ukraine verhängten Sanktionen dürften seine Chipversorgung zumindest kurz- oder mittelfristig hart treffen, da Intel, AMD und IBM den Verkauf kurz nach Beginn der Invasion völlig eingestellt haben. Die Situation führte dazu, dass Russland graue Chipimporte praktiziert und sogar laut ukrainischen Angaben Komponenten aus Haushaltsgeräten in modernem Militärgerät wiederverwenden würde. Interessant übrigens, wie auf russischen Videos zu sehen bzw. von abgeschossenen Piloten bestätigt, auch, dass in Bodenangriffs-Flugzeugen Su-25 und Su-34 mit hineingeklebten und wackelnden westlichen GPS-Empfängern navigiert wird, obwohl es doch seit 2011 bzw. seit 2016 das russische Equivalent GLONASS gibt...



©Oryx-OSINT-Tweet

Nach Reifenschaden intakt (!) erbeutetes Pantsir-S.1M, die russische Vollversion des auch an Serbien, VAE und Syrien gelieferten Luftabwehrsystems



©RUSI

Russischer Chip ELBRUS 8C. Im Test der IT-Division der SBERBANK scheiterte er 2021 im Vergleich mit INTELs Xeon Gold 6230 bei 84 Prozent der funktionellen Testfälle. Fazit: Nicht für Alltagsaufgaben innerhalb des Unternehmens geeignet.

So gar nicht wirklich „russisch“ ...

Wie überhaupt etliche Aushängeschilder der russischen Firmen auf diversen Messen bzw. im Westen durchaus auch gefürchtete Schlüsselsysteme der russischen Streitkräfte tief drinnen so gar nicht russisch sind, und das offenbar seit Jahren schon. Denn als die ukrainischen Streitkräfte sowie ein Team des britischen RUSI (Royal United Service Institute) im April begannen, nur teilweise zerstörte oder z. B. wegen

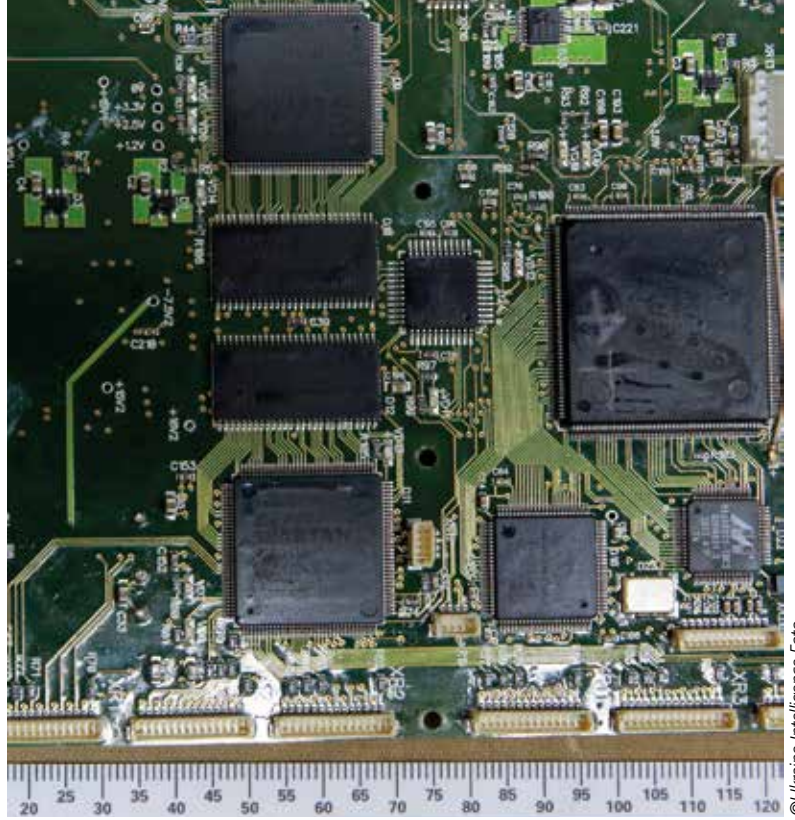
defekter Billigreifen intakt bzw. unzerstört stehen gelassene russische Militärausrüstung auseinanderzunehmen, fanden sie eine graduell starke bis sogar völlige Abhängigkeit von ausländischen Mikrochips, insbesondere von als Dual Use (z. B. von den US-Firmen TEXAS-Instruments, LINEAR-Technology, INFINION, INTEL, MICRON-Technology) hergestellten Bauteilen. Die fraglichen Chips (acht Stück) wurden z. B. in einem geborgenen Exemplar des 9S932-1 gefunden, einem Radar-Luftverteidigungskommandopostenfahrzeug, Teil des größeren Barnaul-T-Systems. Oder weitere fünf Chips in einem intakt erbeuteten Nahbereichs-Luftverteidigungssystem Pantsir-S1, weitere 22 im elektrooptischen Sensor Gimbal eines notgelandeten Kampfhubschraubers Ka-52 Alligator sowie sogar 35 Chips in von außerhalb der Ukraine gestarteten Marschflugkörpern Kh-101 (AS-23A Kodiak), welche nicht explodierten.

Moskau kann den Ausfall – jedenfalls kurz bis mittelfristig – nur durch die erwähnten angeblichen Zweckentfremdungen oder graue Importversuche via Scheinfirmen zu kompensieren versuchen. Sicherlich keine tragfähige Lösung für viele (auch zivile wie die Autofertigung) Zweige seiner Industrieproduktion. Schon kurz nach Beginn ihres „Spezialoperations-Krieges“ hat die russische Regierung bekanntgegeben, 38,3 Milliarden US-Dollar in Russlands lokale Mikroelektronikindustrie zu investieren in der Hoffnung, die Produktion mit dem derzeit möglichen 90-nm-Knoten (im Pentium®4 ab 2004!) z. B. zu steigern und bis 2030 28-nm-Chips herzustellen. Aber

(u. a.) Taiwans neue Beschränkungen werden diese Pläne wahrscheinlich beeinträchtigen oder zunichtemachen. Zudem haben seit Kriegsbeginn laut der russischen IT-Branchenkammer rund 70.000 dem „Z“ nicht zugeneigte Fachleute aus der hochmobilen und global vernetzten russischen IT-Community das Land verlassen. Angesichts dessen bzw. der noch greifenden Sanktionen könnte – so behaupten chinesische bzw. indische IT-Leute in diversen Foren – Russland anfangen, z. B. chinesische Chips wie den Zhaoxin x86 zu verwenden. Das erzeugt dort „Online-Heiterkeit“, weil jene für nichts anderes als die Arbeit in Bürogeräten von Nutzen wären, in z. B. Marschflugkörpern aber durch Drücke und Temperaturänderungen wohl rasch versagen würden.

Umgekehrte Auswirkung

Der Krieg in der Ukraine schlägt aber ebenso in die Gegenrichtung auf die Produktion von Halbleitern in den asiatischen Produktionsländern durch. Denn Hochleistungslaser, mit denen Halbleiter-Bauelemente hergestellt werden, benötigen das als Nebenprodukt der Stahlindustrie entstehende Edelgas Neon. 70 bis 80 Prozent der derzeit hergestellten Halbleiter werden damit hergestellt und zwischen 45 und 54 Prozent der weltweiten Produktion stammen auf Basis von Daten des Forschungsunternehmens TECHCET von den ukrainischen Firmen INGAS und CRYOIN. Die beiden Unternehmen haben die



©Ukraine-Intelligence-Foto

Westliche Chips aus dem ab 2013 an den Bombern Tu-95MS und Tu-160 eingeführten russischen Marschflugkörper Kh-101

Produktion nach dem russischen Angriff auf ihr Land eingestellt bzw. sind die Anlagen inzwischen zerstört. INGAS hatte seinen Sitz in der Stadt Mariupol. Unter anderem hatte z. B. Südkorea Neon von dort bezogen. 