

Raumfahrt: Technologiesprung erfordert neues Projektmanagement

Kleinstsatelliten *schwärmen im Orbit aus*

Autor: Oliver Steeger

Klaus Schilling



Prof. Dr. Klaus Schilling war zunächst in der Raumfahrtindustrie bei Airbus Space verantwortlich an der Entwicklung von interplanetaren Raumsonden beteiligt (unter anderem HUYGENS zum Saturn-Mond Titan, Mars Rover und Erdbeobachtungsmissionen). Während seiner Industriezeit hatte er die Verantwortung für die ROSETTA-Systemstudien und war nun über 25 Jahre weiter mit dieser Mission verbunden. An der Universität Würzburg leitet er seit 2003 den Lehrstuhl für „Robotik und Telematik“ und führte die Raumfahrtstudiengänge ein. Er realisierte mit seinem Team den ersten deutschen Pico-Satelliten UWE-1 (Universität Würzburg's Experimentalsatellit). Er ist Vorstand des außeruniversitären Forschungsinstituts „Zentrum für Telematik“ das sich mit Techniken beschäftigt, um sicher und zuverlässig Dienstleistungen an entfernten Orten durchzuführen. Anwendungsschwerpunkte sind dabei Industrie 4.0 und Kleinstsatelliten-Kommunikationsnetze. Foto: privat

Stellen Sie sich vor, Sie könnten Satelliten in die Hand nehmen. Die kleinsten sind so groß und schwer wie vielleicht zwei Packungen Kaffee. Und nun stellen Sie sich vor, dass Schwärme dieser Winzlinge die Erde umrunden, mit über 25.000 Stundenkilometern in einer Höhe von 300 bis 700 Kilometern. Diese sogenannten Pico-Satelliten sind „intelligent“. Sie organisieren sich für ihre Aufgaben selbst – etwa für die Beobachtung von Straßenverkehr oder für den Transport der Datenströme zwischen den Fabriken der Weltkonzerne. Zukunftsmusik? Nein, ein aktueller Trend in der Luft- und Raumfahrt. Dort spricht man von einem Technologiesprung, von einer disruptiven Entwicklung – die auch neues Projektmanagement erfordert. „In der Raumfahrt lernen wir hier derzeit stark vom irdischen Projektmanagement“, erklärt Professor Klaus Schilling von der Universität Würzburg.

Vor zwei Jahren haben wir mit dem Experten über das Projektmanagement der Rosetta-Mission gesprochen. Beim erneuten Gespräch geht es jetzt um Kleinstsatelliten, ihre kommerzielle Anwendung – und neue Vorgehensweisen in der „Mutterbranche“ des Projektmanagements.

Herr Prof. Schilling, wir wollen über Kleinstsatelliten sprechen. Das Wort „klein“ kann viel bedeuten. Gestatten Sie mir eine Verständnisfrage: Hätte einer dieser Kleinstsatelliten Platz auf meinem Schreibtisch?

Prof. Klaus Schilling: Nicht nur einer. Auf Ihrem Schreibtisch würden vermutlich zehn Platz finden. Vielleicht sogar mehr.

Dann würde mein Schreibtisch unter dieser Last zusammenbrechen?

Kaum! Viele der Kleinstsatelliten sind Würfel mit einer Kantenlänge von zehn Zentimetern und wiegen nicht mehr als ein Kilogramm. Ihr Schreibtisch hat also gute Chancen ...

Aber – es sind richtige Satelliten?

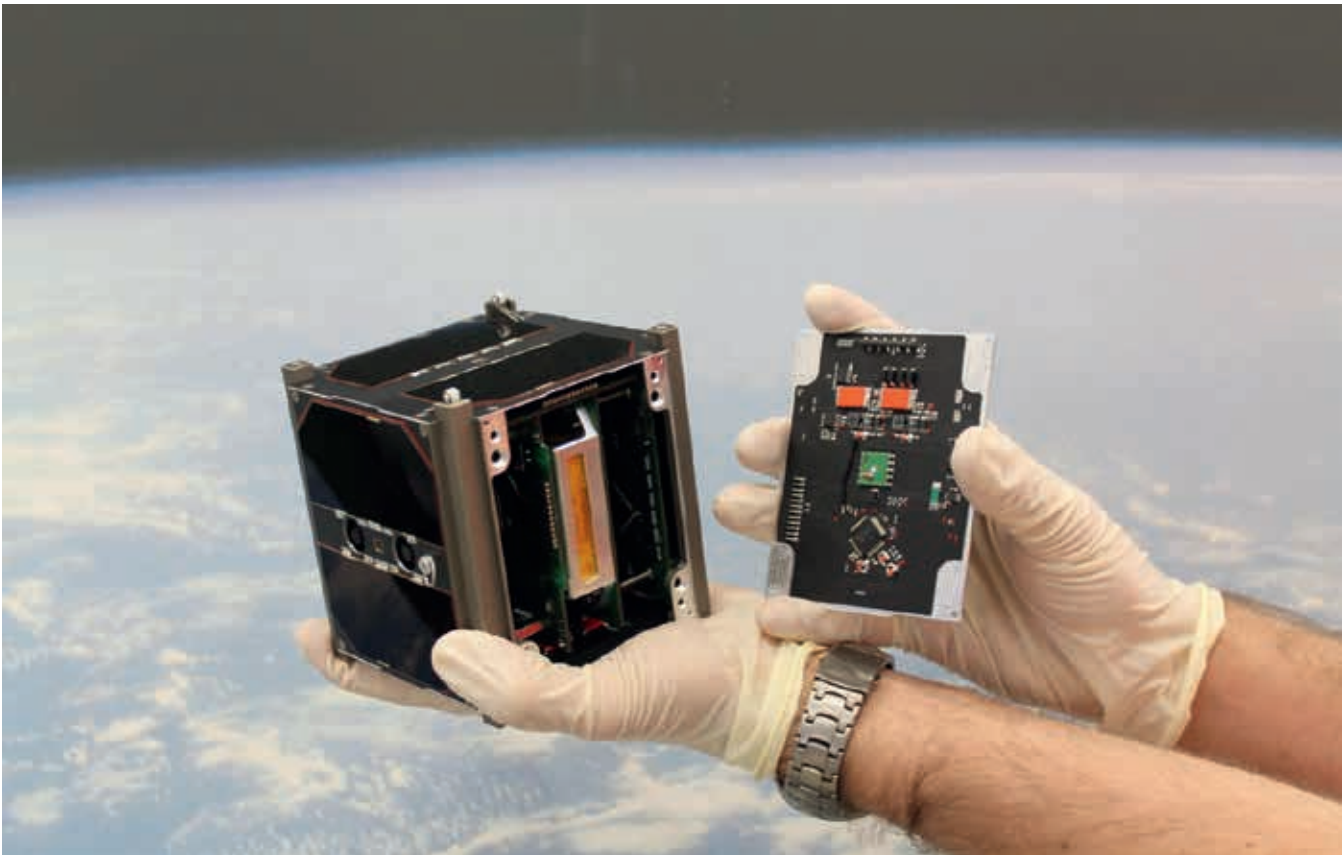
Ja, natürlich sind sie dank moderner Miniaturisierungstechnik vollständige Satelliten! Sie arbeiten im Orbit in einer Höhe von 300 bis 700 Kilometern – und sind dort, von der Erde aus betrachtet, mit über 25.000 Stundenkilometern unterwegs.

Obwohl sie kaum größer und schwerer sind als zwei Packungen Kaffee aus dem Supermarkt?

Die irdische Miniaturisierung hat faszinierende Technologiefortschritte erzielt. Diese Fortschritte wälzen nun auch die Raumfahrt um. Hinzu kommt: Für Kleinstsatelliten ergeben sich völlig neue Anwendungsfelder. Sie bieten in vielen Bereichen große wirtschaftliche Vorteile. Einer dieser Vorteile ist: Sie sind vergleichsweise günstig. Fast billig, gemessen an ihren großen Pendants ...

Oha! Ich hätte vermutet, dass gerade sie besonders teuer sind ...

Wir verbauen in diesen Kleinstsatelliten kommerzielle Standardbauteile. Bauteile, wie Sie sie in Ihrem Laptop oder in Ihrem Handy finden und die es millionenfach produziert ganz normal im Handel zu kaufen gibt. Die harte Strahlung des Welt-raums wird durch fortgeschrittene Software für Fehlerdetektion und Korrektur gebändigt. Auch sind die Raketenstartkosten für diese kleinen und leichten Satelliten außerordentlich günstig. Kleinstsatelliten können oft als Ausgleichsmasse zu traditionellen Satelliten mitfliegen, oder es können sich viele Kleinstsatelliten eine Rakete „teilen“.



Schwärme solcher Winzlinge können möglicherweise bald im Orbit autonom kooperieren und Aufgaben erledigen.

Foto: Informatik VII, Universität Würzburg

Also gleich ein Dutzend starten?

Sogar mehr! Anfang 2017 wurde mit 103 Satelliten auf einer indischen Rakete ein neuer Rekord aufgestellt. Auf diese Weise können in einem üblichen Kostenrahmen relativ viele Kleinstsatelliten in den Orbit gebracht werden. Werden nun mehrere Kleinstsatelliten vernetzt und arbeiten diese zusammen, so erzielen wir damit spannende Leistungen. Dies sind hochaktuelle Themen mit großem wirtschaftlichen Potenzial in unseren laufenden Forschungsarbeiten.

„ZUSAMMENARBEIT“ VON KLEINSTSATELLITEN

Zusammenarbeit unter Kleinstsatelliten? Mit welchem Ziel soll etwa ein Schwarm von acht oder zehn Satelliten zusammenarbeiten?

Ein interessantes Beispiel bietet die Erdbeobachtung: Wenn Sie ein Objekt auf der Erde aus mehreren Blickrichtungen aufnehmen, so kann daraus ein dreidimensionales Bild erzeugt werden.

Andersherum betrachtet: Ein herkömmlicher, großer Beobachtungssatellit kann nur ein Foto von einem Berg machen, nicht seine Höhenstrukturen errechnen?

Ja. Für dreidimensionale Beobachtungen brauchen Sie mehrere Blickwinkel, mindestens zwei. Früher waren die Erdbeobachtungssatelliten so groß und teuer, dass man sich meist nur einen leisten konnte. Heute ist es einfacher im gegebenen Kostenvolumen mit zwei oder mehr Satelliten Beobachtungen durchzuführen. Durch viele kleine Satelliten haben wir so ganz neue Chancen.

HERAUSFORDERUNG „UMSCHALTEN“

Sprechen wir weiter von den Chancen. Für welche Anwendungen außerhalb der Erdbeobachtung kommen Kleinstsatelliten in Frage?

Denken Sie an die Kommunikation. Wir können die Kleinstsatelliten immer besser für Kommuni-

kationsaufgaben einsetzen – beispielsweise für die Übertragung von Internetdaten.

Aber die Winzlinge fliegen mit mehr als 25.000 Stundenkilometern über unsere Köpfe hinweg. Sie sind nicht fest im Orbit verankert in typischerweise geostationären Umlaufbahnen wie ihre großen „Kollegen“, die klassische Telekommunikationssatelliten.

Das ist richtig. Die Geschwindigkeit ist für irdische Verhältnisse enorm groß. Praktisch bedeutet dies:

Es stehen nur maximal zwölf Minuten zur Verfügung, in denen der Satellit bei einem Überflug über eine Bodenempfangsstation seine Daten übermitteln kann. Zwölf Minuten vom Auftauchen am Horizont bis zum Verschwinden am gegenüberliegenden Horizont. Aber der Satellit kann den übrigen Teil der Daten an eine andere Bodenstation auf seinem Weg übermitteln. Oder er kann sie an einen nachfolgenden Satelliten übertragen, der nach ihm in den Einzugsbereich der ersten Bodenstation tritt.



In die Hand genommen: Prof. Klaus Schilling präsentierte 2005 „UWE-1“, den ersten deutschen Kleinstsatelliten.

Foto: Universität Würzburg

Dies alles bei so hoher Geschwindigkeit?

Nicht die Geschwindigkeit des Satelliten selbst stellt uns vor technologische Herausforderungen, sondern das schnelle Umschalten zwischen verschiedenen Verbindungsmöglichkeiten und die spätere Wiederherstellung umfangreicher Ausgangsdaten aus den verschiedenen übertragenen Teildatenpaketen.

Ist das Weiterschalten zu vergleichen mit dem Telefonieren aus dem Zug? Die Handyverbindung wird von Funkzelle zu Funkzelle übergeben und weitergeschaltet ...?

Richtig, aber dieses Weiterschalten gelingt uns selbst auf der Erde erst seit wenigen Jahren. Auch beim Handy funktionierte die Übergabe der Verbindung anfangs nur mit Einschränkungen. Jetzt zum Orbit, dort wird es richtig kompliziert: Die Satelliten sind in Bewegung – relativ zueinander sowie relativ zur Erde. Dies alles muss

man sicher vorhersagen, um die optimalen Übertragungswege zu planen. Daran forschen wir intensiv. Es gibt dafür spannende weiterführende Lösungsansätze. So sollen sich mehrere Satelliten im Orbit selbst organisieren, sodass sie ihre Aufgaben in Kooperation möglichst effizient ausführen. Da wird es richtig spannend, dafür sind noch wesentliche Forschungsgrundlagen zu erarbeiten.

Wie weit ist die Forschung zur Selbstorganisation gekommen?

Nachdem weltweit bisher maximal zwei Satelliten selbständig zusammenarbeiteten, versucht mein Forscherteam nun, vier Satelliten als Formation zu betreiben. Damit sind erstmals Koordinationsprobleme im dreidimensionalen Raum zu lösen. Dies stellt herausfordernde Aufgaben an den Betrieb. Man muss diese Selbstorganisation im Orbit mit der Steuerung vom Boden aus so koordinieren, dass keine Widersprüche zwischen autonomen Reaktionen des Satelliten und den von den Bodenkontrollstationen abgesetzten Kommandos auftreten können.

SELBSTORGANISATION DER SATELLITEN

Was bedeutet dies für die Praxis? In welchen Fällen kann diese Selbstorganisation hilfreich sein?

Beispielsweise bei der Erdbeobachtung, wenn sich Naturkatastrophen ereignen. Angenommen, ein Vulkan bricht aus. Die Satelliten erkennen die Eruption, organisieren die Beobachtung selbst und nehmen den Verlauf aus mehreren Perspektiven auf. Dadurch können wir auf der Erde schnell reagieren und so die Katastrophenhilfe unterstützen. Ohne diese Selbstorganisation würde sehr viel wertvolle Zeit vergehen, bis wieder vom Boden ein Kontakt zu den einzelnen Satelliten hergestellt ist und die nötigen Befehle übermittelt werden können.

Reicht denn die doch begrenzte Leistungsfähigkeit der Kleinstsatelliten für diese Aufgaben aus?

Das ist eine sehr aktuelle Streitfrage. Bisher hat man immer größere und leistungsfähigere Satelliten in den Orbit gebracht, auch für die Erdbeobachtung – etwa mit immer höherer optischer Auflösung. Bei begrenztem Budget kann man so nur wenige Satelliten in den Orbit bringen und

muss so große zeitliche Lücken zwischen Beobachtungen in Kauf nehmen. Doch für viele Aufgaben – beispielsweise bei einem Vulkanausbruch – braucht man diese hohe Auflösung gar nicht. Stattdessen will man die Daten besonders schnell bekommen. Dies kann man mit vielen Kleinstsatelliten anstelle eines traditionellen Satelliten erreichen.

INDUSTRIE 4.0 IM FOKUS

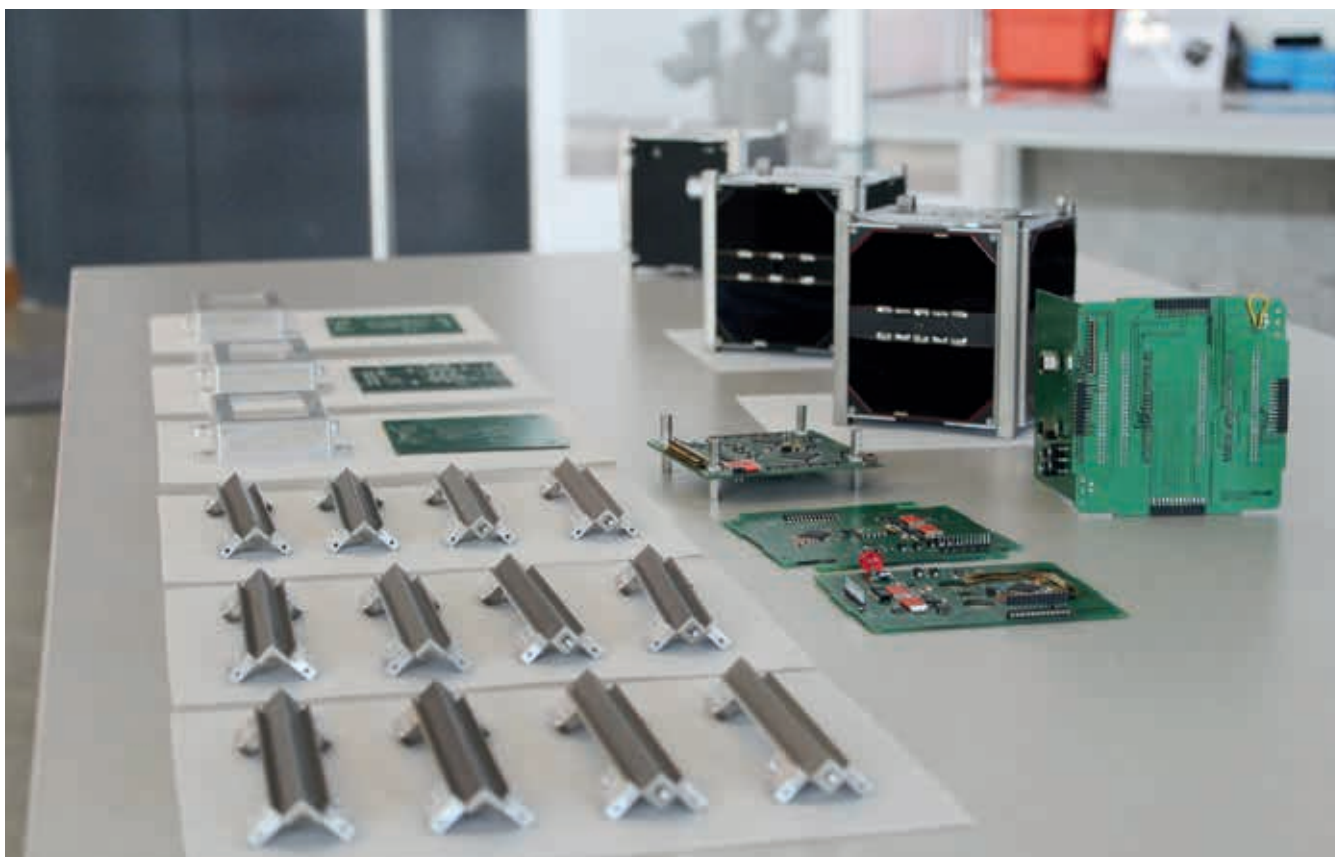
Bleiben wir noch bei den Anwendungsfeldern. Welche Anwendungsfelder ergeben sich noch?

Etwas, das sehr naheliegt, ist die Verkehrsbeobachtung. Die eher statischen Karten sollen durch aktuelle Informationen ergänzt werden, Informationen etwa über Staus, Baustellen, Unwetter oder andere sich ändernde Situationen. Da können auch Bilder von Kleinstsatelliten solche Zusatzdaten mit einbringen. Unterstützung bei autonomen Fahrkonzepten ist denkbar. Ein weiterer Anwendungsfall kann sich aus dem Megatrend „Industrie 4.0“ ergeben, aus der Datenvernetzung etwa in der Produktion.

Wie darf ich das verstehen? Sollen die Satelliten die Auslastung von Maschinen beobachten?



Viele Kleinstsatelliten bringen nur etwa ein Kilogramm auf die Waage. Beim Raketentstart fallen sie kaum ins Gewicht. Foto: ISRO



Laborbesuch: Für Kleinstsatelliten werden preiswerte Bauteile verwendet – wie man sie beispielsweise aus Handys kennt.

Foto: Informatik VII, Universität Würzburg

Es geht hier vor allem um den sicheren Datenfluss in Echtzeit zwischen Fabriken. Ein Netz aus günstigen Kleinstsatelliten ist gut geeignet, die weltweiten Datenströme zwischen vernetzten Fabriken oder Logistiksystemen zu transportieren. Ihre Kapazität würde für diese Aufgabe ausreichen.

Augenblick, bitte. Uns mangelt es doch nicht an Übertragungskapazität für Daten ...

Vielleicht nicht generell an Kapazität, jedoch fehlt es an wirklich sicheren Verbindungen. Durch eigene Kleinstsatelliten würden Unternehmen über Firmendatenetze verfügen – mit ihrer eigenen Verschlüsselungstechnologie. Die Sicherheit bei der Datenübertragung würde enorm erhöht. Satelliten sind für Hacker und Industriespione durch die Verschlüsselungsprotokolle der Raumfahrt weniger leicht zugänglich als etwa das Internet. Denn die Protokolle sind nicht ohne weiteres öffentlich zugänglich. Für große, weltweit tätige Unternehmen kann die Option eigener Datennetze durchaus interessant werden.

Mit manchen Projekten will man das Internet in jeden Winkel der Welt bringen. Wäre dies auch ein Anwendungsfall?

In den USA arbeiten große Konsortien an diesem Plan. Ein Konsortium will 800 Satelliten starten – mit dem Ziel einer weltweiten Internetversorgung. Doch es handelt sich um eine andere Klasse von Satelliten. Die wiegen zwischen 100 und 200 Kilogramm. Ein weiteres Konsortium will sogar 4.000 Satelliten hochbringen ...

BALD ZU TAUSENDEN IM ORBIT?

Weshalb verwendet man nicht auch dafür Kleinstsatelliten?

Für kleine Datenmengen wie Sensormesswerte aus Fabriken reicht die Kapazität der Kleinstsatelliten aus. Da geht es um überschaubare Datenmengen, etwa Daten zu Temperaturen, Druck oder ähnlichem. Für das Internet, bei dem auch digitale Filme, Bücher oder Bilder übermittelt

werden, brauchen wir mehr Übertragungsleistung.

Sie sprachen davon, dass Unternehmen Kleinstsatelliten zu Hunderten, sogar zu Tausenden in den Orbit bringen wollen. Wie sollen diese Zahlen erreicht werden – vor allem in der Produktion? Derzeit baut die Luft- und Raumfahrtindustrie nicht einmal 30 Satelliten pro Jahr.

Die großen Stückzahlen erfordern völlig neue Produktionsmethoden. In diesem Punkt können wir in der Raumfahrt noch viel von den irdischen Erfahrungen in der Massenproduktion lernen. Wie gesagt, wir verwenden für Kleinstsatelliten heute schon handelsübliche Standardelektronik. Dies hilft den Preis enorm zu senken. Wir brauchen aber noch effiziente, günstige Produktionsmethoden.

Sie wollen Satelliten wie Autos oder Handys produzieren?

Der Aufbau der Satelliten wird zunehmend modularer gestaltet und standardisiert. Wir arbeiten



**Für Kleinstsatelliten ist hochintegrierte Technologie erforderlich – auch eine Herausforderungen für das Projektmanagement in der Raumfahrtindustrie!
Foto: Informatik VII, Universität Würzburg**

bei unseren Kleinstsatelliten bereits mit Steckplätzen auf Basisplatinen – ähnlich, wie Sie dies von PCs her kennen, bei dem Sie etwa bei einer Speichererweiterung einfach zusätzliche Bauteile einstecken. So können wir auch einfach Varianten eines Standardsatelliten herstellen. Und: Dies öffnet auch die Tür zur Automatisierung, etwa durch den Einsatz von Montagerobotern.

Ist dies alles für die Raumfahrt nicht komplettes Neuland?

Ja, schon. Heute gibt es nach meinem Wissen keinen einzigen Roboter in der Raumfahrtindustrie. Das ist alles noch Handarbeit, die für die Fertigung großer Stückzahlen zu teuer ist.

Also ist diese Massenfertigung noch Zukunftsmusik ...?

... wobei der Fortschritt schon sichtbar ist. Wir sind schon recht weit. Die eingangs erwähnte Satellitenabmessung von 10 x 10 x 10 Zentimeter sind solch ein Standard hinsichtlich der Geometrie. Er ermöglichte die gemeinsame Nutzung von Raketensystemen. Der nächste Schritt wäre die Standardisierung der elektrischen Schnittstellen für Untersysteme wie Datenverarbeitung oder Lageregelung. Die Universität Würzburg ist hier in dem weltweiten Hochschulkonsortium UNISEC tätig, dem sich rund 100 Hochschulen angeschlossen haben. In diesem Kreis bringen wir diese Standardisierung voran, um Satellitenbauteile besser untereinander austauschen zu können.

Miniaturisierung, Massenproduktion, handelsübliche Bauteile, kommerzielle Alltagsanwendungen – der Trend zu Kleinstsatelliten wirbelt Teile der Raumfahrtindustrie durcheinander. Da wird mit ehernen Gesetzen einer Branche gebrochen. Man sucht völlig neue Lösungswege, und es kommen ganz neue Mitspieler aufs Feld. Es handelt sich um einen disruptiven Technologiesprung, ähnlich dem Sprung vom Telefon zum Smartphone oder von der analogen Kamera zur digitalen Kamera.

Durchaus, ja! Zurzeit verändert sich vieles. Wir werden sicherlich die großen Satelliten weiterhin bauen und starten – und dazu werden wir auch weiterhin die bestehende Infrastruktur von hochspezialisierten Zulieferern und die großen Raumfahrtunternehmen mit ihren vielen spezialisierten Abteilungen benötigen. Die Kleinstsatelliten wollen wir aber in größeren Stückzahlen effektiver als in der herkömmliche Weise entwickeln und bauen – also mit Industrie-4.0-Methoden und Robotern. Und an diesem Punkt organisiert sich die Raumfahrtbranche tatsächlich neu.

DISRUPTIVER TECHNOLOGIESPRUNG

Solche Technologiesprünge erfordern verändertes Projektmanagement, wie man derzeit in der Luft- und Raumfahrt gut beobachten kann. Vor zwei Jahren haben wir in einem Interview über das PM der Rosetta-Mission gesprochen. In

einem sich über Jahrzehnte erstreckenden Projekt hat die ESA – die European Space Agency – erfolgreich den Kometen Tschurjumow-Gerasimenko besucht. Eine Sonde namens Philae war auf dem kurz „Tschuri“ genannten Kometen gelandet. Die Sonde hat 2015 aufsehenerregende Daten zur Erde gefunkt. Vergleicht man das Projektmanagement der Rosetta-Mission mit dem bei Kleinstsatelliten ...

... so findet man große Umbrüche und Unterschiede. Großmissionen werden weiter traditionell angegangen werden. Dagegen ändert sich bei Kleinstsatelliten das Projektmanagement enorm. Das bedeutet: Wir lernen derzeit auch beim Projektmanagement. Ein Beispiel bietet das Risikomanagement.

RISIKOMANAGEMENT WIE BEI „ROSETTA“?

Risikomanagement ist ein essenzieller Bestandteil des Projektmanagements bei Weltraummissionen. Bleiben wir beim Beispiel der Sonde, die den Kometen Tschuri erreicht hat. Beim Bau und beim Start der Sonde durfte nichts schiefgehen und kein Fehler im System bleiben. Denn man hat buchstäblich nur einen Schuss frei, den Kometen zu erreichen. Wäre die Mission aufgrund eines technischen Fehlers fehlgeschlagen oder hätte sich verzögert, so wäre Tschuri auf lange Zeit wieder verschwunden gewesen.

Deshalb war damals auch versucht worden, jedes Risiko durch extrem viele Tests auszu-schließen. Jedoch kann man in dieser bisher un-bekannten Kometenumgebung nicht alle Risiken vorhersehen. Bei dem Rosetta-Projekt waren immer hochspezialisierte Mitarbeiter im Einsatz, weitere bislang unerkannte Risiken aufzuspüren und zu analysieren.

Wie sieht das Risikomanagement bei Projekten zu Kleinstsatelliten aus? Auch da kann man schlecht an der Technik nachbessern, wenn der Satellit einmal in der Umlaufbahn ist.

Man könnte, wenn ein Satellit technisch bedingt ausfällt, einen neuen hochschicken.

Im Ernst? Ihn einfach so ersetzen?

Ja, allein schon wegen der geringen Kosten. Im Übrigen sind wir heute auch viel flexibler durch die anpassungsfähige Software. Wir können durch Hochladen neuer Software im Satelliten beispielsweise technische Störungen beheben oder das System zu neuen Aufgaben befähigen. Hinzu kommt: Dank der geringen Kosten legen wir die Elektroniksysteme selbst bei Kleinstsatelliten doppelt aus.

Also statt Reparatur – eine neue Software?

Ein Beispiel: Im Orbit herrscht eine enorme elektromagnetische Strahlenbelastung. Sie ruft Störungen in der Elektronik hervor, etwa bei Prozessoren und Speicherchips. Früher war diese Strahlenabschirmung durch Bleiplatten und den Einsatz strahlungsharter Chips ein wichtiges

Thema auch beim Risikomanagement. Heute verzichten wir bei unseren Würzburger Satelliten auf aufwändigen Strahlungsschutz.

SOFTWARE KORRIGIERT FEHLER

Obwohl Sie nur kommerzielle Chips verwenden?

Die Probleme lösen wir heute, indem zwei Prozessorsysteme ständig parallel laufen und bei Abweichungen eine fortgeschrittene Software zur Fehlerdetektion und Fehlerbehebung sofort die Verantwortung an das korrekte System überträgt. Also Strahlenschutz durch Software!

Wenn also die Strahlung in einem Prozessor Störungen auslöst ...

... dann wird automatisch auf den anderen Prozessor umgeschaltet. Das Bodenkontrollzentrum bekommt gar nicht mit, dass zwischen den Prozessoren umgeschaltet wurde. Der Satellit setzt ununterbrochen seinen Dienst fort. Unser Satellit UWE-3 arbeitet nach diesem Prinzip mittlerweile schon drei Jahre ohne jegliche Unterbrechung im Orbit.

Die Redundanz erleichtert das Risikomanagement vermutlich enorm ...

Wegen geringer Kosten, Größe und Gewichte ist es heute kein Problem, die Systeme doppelt auszuliegen. Dadurch fällt die Strahlung als technisches Risiko kaum noch ins Gewicht.

Das Projektmanagement ist heute also leichter?

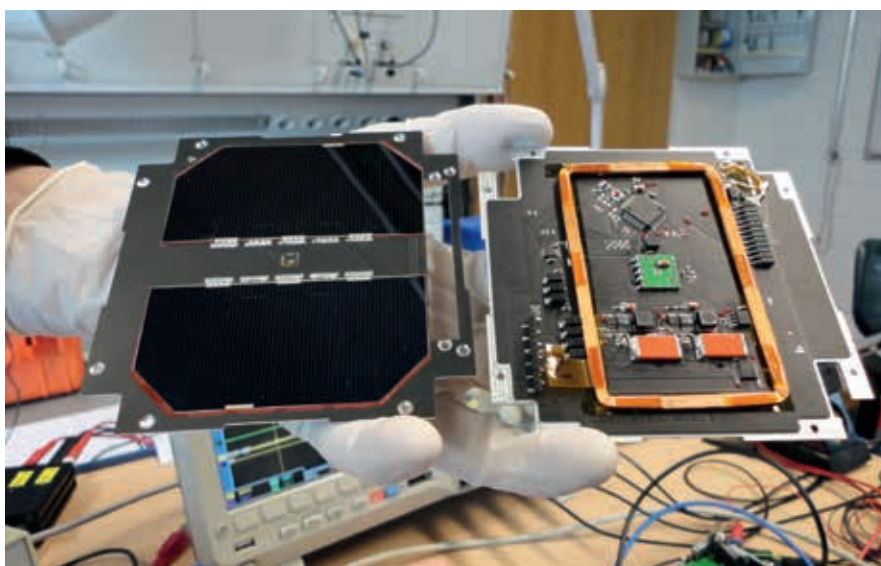
Nicht unbedingt leichter, sondern anders. Wir starten einen Satelliten, arbeiten mit ihm, lernen aus diesen Erfahrungen – und nutzen dieses Wissen gleich für den Bau des nächsten Satelliten. Einen Kleinstsatellit stellen wir heute schon in weniger als einem Jahr fertig. Deshalb fallen hier viel kürzere Innovationszyklen an als etwa bei den traditionellen Satelliten wie Rosetta, die in mehr als zehn Jahren realisiert wurden.

Bei unserem Gespräch über die Rosetta-Mission haben Sie über die lange Dauer des Projekts gesprochen. Schon Ende der 1980er-Jahre – zwölf Jahre vor dem Start – gab es erste Systemdefinitionen und Arbeiten mit Lösungskonzepten. Sie haben viel Mühe darauf verwendet, überhaupt die offenen Fragen dieses Projekts zu erkennen und zu formulieren. Dann folgten aufwändige Machbarkeitsstudien; manchmal spielten mehrere Teams verschiedene Lösungskonzepte durch, damit Sie aus den alternativen Ansätzen lernen konnten. Am Ende der Planung haben Sie die Technik quasi „eingefroren“. Sie haben den Satelliten so gebaut, wie er zu diesem Zeitpunkt geplant war und danach neue technische Innovationen nicht mehr einbezogen. Das bedeutete: Rosetta war beim Start quasi veraltet.

Daran gemessen sind unsere Produktzyklen bei Kleinstsatelliten heute sensationell kurz. Es ist ein eher experimentelles direktes Testen im Orbit im Gegensatz zu den früheren ausführlichen

Noch ist der Bau der kleinen Satelliten Handarbeit. Doch möglicherweise startet bald die automatisierte Massenproduktion.

Foto: Informatik VII, Universität Würzburg



Analysen und sehr aufwändigen Tests, bei denen weltraumähnliche Bedingungen auf der Erde geschaffen werden mussten. Es dauert mittlerweile weniger als ein Jahr, bis wir einen neuen Kleinstsatelliten entwickeln und in den Orbit bringen. Das heißt: Wir lernen sehr schnell in den Projekten und die Innovations-Evolution ist hoch.

„SENSATIONELL KURZE PRODUKTZYKLEN“

Konkret – wie schnell heißt schnell lernen?

Vor zehn Jahren haben wir bei UWE-1, dem ersten deutschen Kleinstsatelliten, Elementares gelernt: Wie können wir überhaupt einen Kleinstsatelliten technisch mit miniaturisierten Standardbauteilen möglich machen? Nach UWE-1 haben wir geprüft, wie man diese Kleinstsatelliten mit mehr Fähigkeiten ausstatten kann. Zunächst ging es nur um Telekommunikation, nämlich Internet unter Weltraumbedingungen. Anschließend war unser Ziel, die Leistungsfähigkeit der Borddatenverarbeitung zu steigern und die Zuverlässigkeit noch weiter voranzubringen. Wir wollten erkennen, wie wir den Satelliten dazu bringen können, dass er seine Ausrichtung verändert und sich auf verschiedene Beobachtungspunkte ausrichten kann. Auch wollten wir die

Standardisierung weiter vorantreiben, damit wir international noch besser zusammenarbeiten können. In allen Bereichen hat es schnell substanzielle Fortschritte gegeben, die unser ganzes Team wirklich begeistern. Doch diese Vorgehensweise verändert unser Projektmanagement. Wir arbeiten in unseren Projekten viel adaptiver und auch kreativer als früher.

INTERDISZIPLINÄRES ARBEITEN

Heißt dies auch, dass die interdisziplinäre Arbeit in der Raumfahrt noch wichtiger geworden ist als früher?

Auf jeden Fall! Zumindest sehr im Feld der Kleinstsatelliten. Die Systeme sind ja hochintegriert; anderenfalls könnten wir keine komplette Satellitentechnik in einem Gerät von einem Kilogramm Gewicht unterbringen. Die Fachdisziplinen müssen dafür sehr intensiv zusammenarbeiten. Ein Beispiel dafür: Jeder Satellit braucht einen Antrieb, um sich im Weltraum auszurichten und Geschwindigkeiten zu ändern.

Das heißt, ein Kleinstsatellit hat einen Tank mit Treibstoff ...

Nein, nicht im klassischen Sinne. Wir haben folgende Lösung gefunden: Ein Satellit braucht eine

Trägerstruktur für die Startphase, damit er bei den hohen Beschleunigungen und Vibrationen nicht in seine Einzelteile zerlegt wird. Dieses Strukturmaterial wird im Orbit nicht mehr in dieser Stärke gebraucht. Insofern können wir es nun bei UWE-4 als Treibstoff für einen Elektroantrieb nutzen. Durch angelegte große Magnetfelder werden diese Strukturpartikel mit hoher Geschwindigkeit aus der Antriebsdüse ausgestoßen.

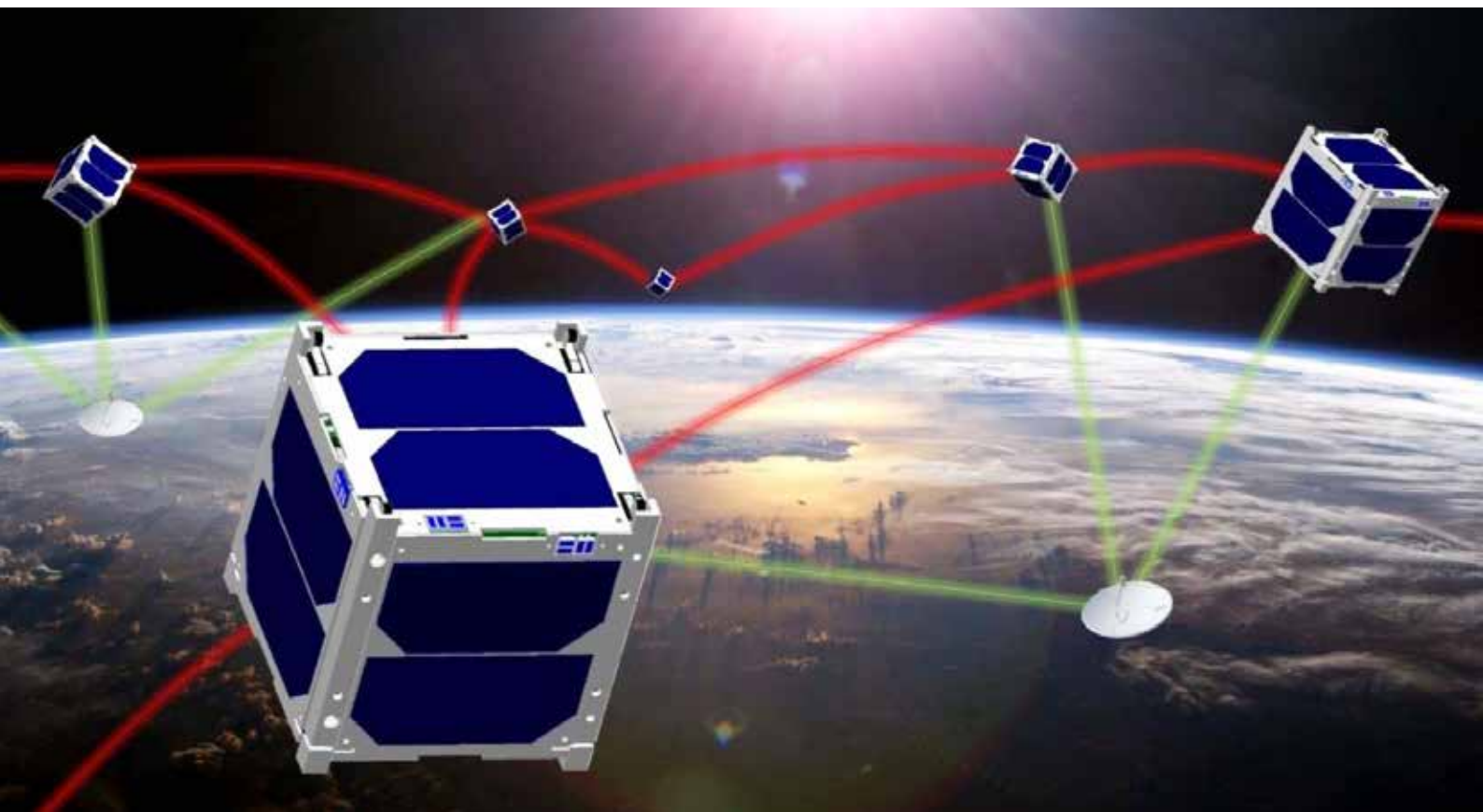
Was bedeutet dies für das Projektmanagement?

Solche multifunktionalen Systeme sind, wie gesagt, hochintegriert. Diese Interdisziplinarität stellt hohe Anforderungen an das System Engineering. Darauf richten wir heute unser Projektmanagement aus. Früher waren Unternehmen in der Raumfahrt stark in hoch spezialisierte Abteilungen untergliedert. Eine Abteilung war beispielsweise für die Antriebe zuständig, eine andere für die Struktur, eine weitere für die Lageregelung. Jede dieser Abteilungen lieferte ihren Beitrag als separaten Baustein ab. Doch dies wird heute bei Kleinstsatelliten hochintegriert in einem multifunktionalen Baustein realisiert.

Dieses Separieren in Abteilungen funktioniert nicht mehr?

Nein, wir brauchen heute Projektmanager, die interdisziplinär und fachübergreifend denken kön-

Arbeit im Netzwerk: Die Interaktion zwischen Kleinstsatelliten erschließt viele neue Anwendungsfelder. Foto: Zentrum für Telematik





Das Entwicklungsteam im Reinraum. Foto: Informatik VII, Universität Würzburg

nen – und zwar sowohl hinsichtlich von Hardware als auch von Software. Wir versuchen heute die interdisziplinären Teams in einen Raum zu bringen und ständige intensive Zusammenarbeit zu ermöglichen. Man braucht auch nicht mehr die etablierten Spezialunternehmen aus der Luft- und Raumfahrt, um die Kleinstsatelliten zu produzieren. Da können ganz neue Hersteller ins Spiel kommen. Aber wie vorhin gesagt: Dies alles gilt für Kleinstsatelliten. Es wird weiterhin auch große Satelliten geben. Mit Kleinstsatelliten können Sie beispielsweise keine Kometenforschung durchführen.

NEUE „MITSPIELER“ IM FELD

Sie sagten: „Da können ganz neue Hersteller ins Spiel kommen“? Was ist damit gemeint?

Kleinstsatelliten bieten neuen Unternehmen und besonders innovativen Start-ups spannende neue Chancen; in den USA haben wir es im Bereich der Kleinstsatelliten vor allem mit Neugründungen zu tun: kleine, flexible Unternehmen mit weniger als 100 Leuten. Wir stehen in diesem Bereich vor einer echten Neuorganisation. Nach den Vorhersagen sollen nun jährlich jeweils mehr als 250 Kleinstsatelliten gestartet werden – also ein doch sehr wachsender Markt. Aber wir müssen in Europa und Deutschland achtgeben, dass

wir nicht den Anschluss verlieren. Die USA sind hier weiter als wir.

KOMMERZIELLE ANWENDUNG

Inwiefern sind die USA weiter als wir?

Mithilfe von Venture Capital werden Projekte für die kommerzielle Nutzung von Kleinstsatelliten vorangetrieben. Da geht es um Hunderte von Satelliten. Es werden dafür gerade enorme Investitionen in hochautomatisierte Satellitenfabriken getätigt. Diese Fabriken sollen wöchentlich so viele Satelliten produzieren können, wie man derzeit weltweit im Jahr herstellt. Sind diese Fabriken einsatzbereit, dann verändert dies die Märkte völlig.

Verändert die Märkte – inwiefern?

Nach dem Bau dieser Fabriken werden deren Fähigkeiten auch genutzt werden, große Stückzahlen von Satelliten günstig zu produzieren und auf den Markt zu bringen ...

... und weltweit angeboten?

Durch die Automatisierung entsteht ein klarer Wettbewerbsvorteil bei den Kosten. Solche Unternehmen werden die Konkurrenz unterbieten, die noch in Handarbeit fertigt. Es ist gut möglich,



UWE-3, der in Würzburg entwickelte Kleinstsatellit, startete 2013.

Foto: Informatik VII, Universität Würzburg

dass im weltweiten Wettbewerb nur sehr wenige Anbieter übrig bleiben.

Dies bedeutet?

Daraus können sich Abhängigkeiten für uns ergeben, die wir in Europa vielleicht gar nicht haben wollen. Unsere amerikanischen Kollegen waren schneller als wir. Dies müssen wir anerkennen. Nun sollten wir zusehen, dass wir in Europa zügig nachziehen! Sonst ist der Zug ohne uns abgefahren, obwohl wir diese Techniken auch verfügbar haben – in manchen Bereichen sogar bessere Technik als gegenwärtig in USA.

Es geht also nicht mehr allein um wissenschaftlichen Fortschritt wie bei der Rosetta-Mission?

Betrachte ich die Anwendungsfelder wie autonomes Fahren oder Industrie 4.0, so meine ich, dass die Technologie der Kleinstsatelliten strategische Bedeutung für die Wirtschaft hat. Deshalb müssen wir aufpassen, dass wir nicht abhängig werden von Monopolen. Dies wäre aus meiner Sicht nicht wünschenswert für unsere Wirtschaft.

WELTRAUMSCHROTT VERMEIDEN

Die europäische Raumfahrtindustrie muss sich also derzeit irdischer, kommerzieller Herausforderungen annehmen?

Dies ist am Beispiel des Projektmanagements besonders gut zu illustrieren: Die Raumfahrtin-

dustrie hat vor einigen Jahrzehnten das heute breit verwendete Projektmanagement mitgestaltet. Großprojekte wie der Flug zum Mond haben wesentliche Projektmanagementmethoden weiterentwickelt. Von diesen Vorgehensweisen und Methoden profitiert die Wirtschaft derzeit bei ihren Projekten. Heute sehen wir eher die andere Richtung, wir profitieren stark von den irdischen Projektmanagementansätzen für große Stückzahlen und suchen dort Impulse und Anregungen, unsere gegenwärtigen Herausforderungen in der Raumfahrt anzugehen.

Ein Geben und Nehmen ...

Das ist eigentlich das Wunderbare. Dass sich Branchen beim Projektmanagement wechselseitig befruchten. Dies bringt den Fortschritt voran!

Eine letzte Frage: Wenn in naher Zukunft Tausende von Satelliten unsere Erde umrunden, droht der Orbit nicht zu vermüllen wie beispielsweise unsere Ozeane?

Die UNO hat bereits eine Resolution verabschiedet, die dazu verpflichtet, dass ein Satellit nicht länger als 25 Jahre im Orbit bleibt. So soll durch strenge Regeln das weitere Anwachsen von Weltraumschrott vermieden werden. Derzeit gibt es dazu viele berechtigte Diskussionen, denn es wird ja wohl zu einer stärkeren kommerziellen Nutzung des Weltraums kommen.

Was geschieht dann mit den ausgedienten Satelliten?

In niedrigen Umlaufbahnen stürzen diese durch die Reibung mit den Atmosphärenpartikeln von selber ab. Oft werden auch die Treibstoffreste genutzt, um in eine sichere „Friedhofs-Bahn“ einzuschleusen, damit er kontrolliert in der Atmosphäre verglüht oder in den Weiten des Welt-raums verschwindet. ■