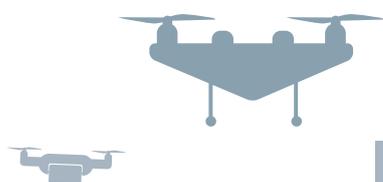
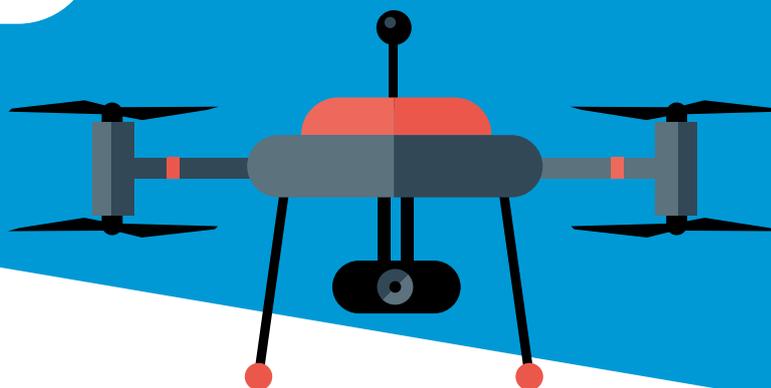
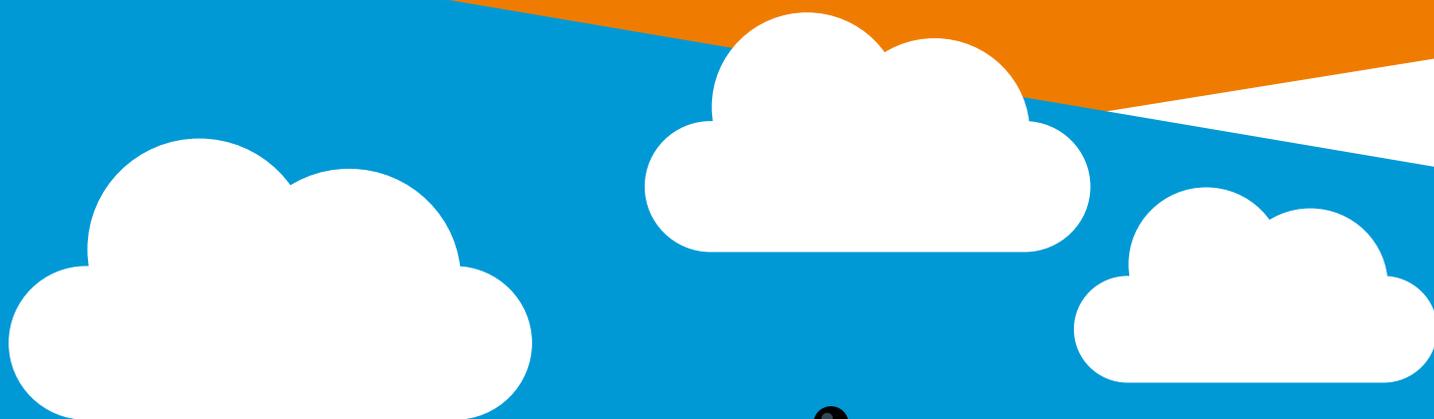




# Ferngelenkte fliegende Kisten

**Kurzfassung der Studie «Zivile Drohnen – Herausforderungen und Perspektiven»  
von TA-SWISS**



Die Stiftung TA-SWISS, ein Kompetenzzentrum der Akademien der Wissenschaften Schweiz, setzt sich mit den Chancen und Risiken neuer Technologien auseinander.

Die vorliegende Kurzfassung basiert auf einer in ihrem Auftrag von einem interdisziplinären Projektteam unter der Leitung von Dr. Michel Guillaume, Zentrum für Aviatik, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), durchgeführten wissenschaftlichen Studie. Die Kurzfassung stellt deren wichtigste Resultate und Schlussfolgerungen in verdichteter Form dar und richtet sich an ein breites Publikum.

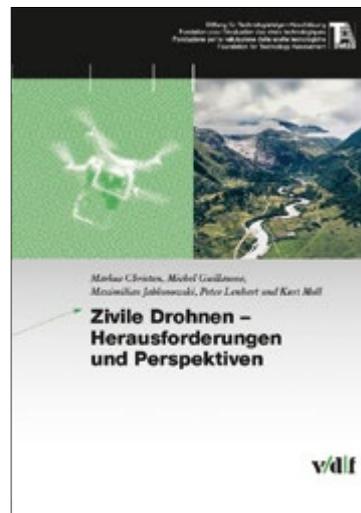
## **Zivile Drohnen – Herausforderungen und Perspektiven**

Markus Christen, Michel Guillaume, Maximilian Jablonowski, Peter Lenhart und Kurt Moll  
TA-SWISS, Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung (Ed.)

Vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2018  
ISBN 978-3-7281-3893-4

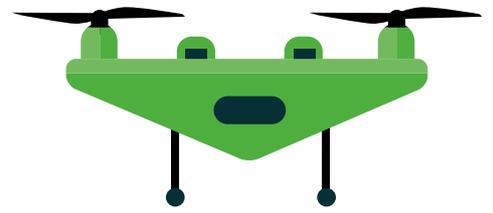
Die Studie steht als eBook zum freien Download bereit: [www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)

Die vorliegende Kurzfassung ist ebenfalls online verfügbar: [www.ta-swiss.ch](http://www.ta-swiss.ch)



<b>Die Studie in Kürze</b>	4
Chancen	4
Risiken	4
Empfehlungen	4
<b>Einführung</b>	5
<b>Drohnen, ein allgegenwärtiges Thema</b>	6
In der Schweiz	6
<b>Eine schwierige Begriffsdefinition</b>	7
<b>Eigenschaften von Drohnen</b>	7
Flüge für nah und fern	7
Sensorsysteme: «Sehen» und erfassen	8
Transportieren	8
<b>Fotografin oder Taxi: Was eine Drohne alles kann</b>	9
Bau	9
Behörden	9
Forschung	9
Humanitärer Einsatz	9
Landwirtschaft	9
Medien und Werbung	9
Transport	10
Vermessung und Überwachung	10
Illegale Tätigkeiten	10
<b>Gesetzgeberische Herausforderungen</b>	11
<b>Bedenken gegenüber Drohnen in der Öffentlichkeit</b>	12
Technologische Herausforderungen	12
Schutz der Privatsphäre	12
Umweltschutz	12
<b>Ein U-Space für die Verkehrscoordination</b>	13
<b>Welche Technologie an Bord der Drohnen von morgen?</b>	14
<b>Fazit: eine höchst aktuelle Technologie</b>	15
Projektgruppe	16
Begleitgruppe	16
Projektmanagement TA-SWISS	16

# Die Studie in Kürze



Drohnen sind im Luftraum von heute bereits Realität – und sie werden ihn weiter erobern. Ein Teil der Bevölkerung mag Drohnen gegenüber eher kritisch eingestellt sein, weil ihnen ein zweifelhafter Ruf als Kriegsmaschinen anhaftet, weil sie die zivile Luftfahrt gefährden oder die Ruhe und Intimität am Wohnort stören – an Weihnachten gehören sie dennoch zu den meistverschenkten Spielzeugen. Die professionellen Verwendungsmöglichkeiten werden immer zahlreicher. Ihre Sensoren verleihen den Drohnen eine erhöhte Autonomie; sie werden ferngesteuert und erreichen auch schwer zugängliche Orte ausserhalb des Blickfelds ihres «Piloten». Ihr Aufschwung ist signifikant, doch viele Fragen bezüglich ihrer heutigen und künftigen Fähigkeiten, aber auch möglicher Risiken für gewisse Sektoren, bleiben offen. Die von TA-SWISS in Auftrag gegebene interdisziplinäre Studie bietet einen Überblick über die Drohnen-Technologie und versucht aufzuzeigen, welche Massnahmen auf politischer Ebene allenfalls zu ergreifen wären.



## Chancen

Die Anwendungsmöglichkeiten von Drohnen sind in verschiedenen Sektoren vielfältig: Logistik, Landwirtschaft, Überwachung, Forschung, Kontrollen und Messungen, Medien und Freizeit, humanitäre Hilfe usw. Auch wenn die Entwicklung im professionellen Umfeld erst begonnen hat, dürften sich Drohnen in einigen Anwendungen gegenüber traditionellen Lösungen durchsetzen.

## Risiken

Gleichzeitig gibt es für Drohnen auch viel Gegenwind. Manche sehen in ihnen regelrechte Spione, weil sie Städte und Wohngebiete überfliegen und mithilfe ihrer Kameras Augen auch dort haben, wo Menschen nicht hinsehen können. Ausserhalb der Städte treten sie unter Umständen als Störenfriede für die Natur und insbesondere für Wildtiere auf. Besonders unangenehm können das Geräusch ihres Motors und ihrer Propeller oder ihre Anwesenheit in Schutzgebieten sein. Die wichtigste Herausforderung ist nach Meinung der Experten allerdings technischer Art: Drohnen dürfen in erster Linie nicht abstürzen und müssen – sofern sie eine gewisse Grösse haben – selbst im Fall von technischen Schwierigkeiten in der Lage sein, sicher zu landen.

## Empfehlungen

Diese prospektive, von einer interdisziplinären Projektgruppe unter der Leitung der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW durchgeführte Studie untersucht die Perspektiven und Herausforderungen für zivile Drohnen. Aus einer minutiösen Bestandsaufnahme und Überlegungen zur künftigen Entwicklung der Drohnentechnologie ergeben sich eine Reihe von Empfehlungen, wovon die ersten vier als prioritär zu betrachten sind:

1. Transparenterer Regulierungsrahmen: Die gesetzlichen Grundlagen zur Beurteilung der technischen Sicherheit ziviler Drohnen und somit für die Erteilung von Fluggenehmigungen müssen überprüft werden. Ausserdem ist der Begriff «Drohne» in die Gesetzgebung einzuführen, und es sind unterschiedliche Regulierungen für Drohnen und Flugmodelle vorzusehen.

2. Schaffung eines U-Space (*Unmanned Traffic Management*, auf deutsch: Flugverkehrsmanagement für unbemannte Luftfahrzeuge): Forschung und Dialog müssen gefördert werden, um ein Flugverkehrsmanagementsystem für autonome Luftfahrzeuge zu entwickeln. Das Augenmerk sollte dabei auf folgenden Punkten liegen: Kollisionsschutz-Systeme für Drohnen zur Gewährleistung der Sicherheit der übrigen Luftraumnutzer; möglicher Flugbetrieb ausserhalb der Sichtweite des Piloten (beyond visual Line of Sight, bzw. «BVLOS-Flug») zur Ausschöpfung des gesamten wirtschaftlichen Potenzials der Drohnen; Massnahmen zur Errichtung von Flugverboten in Schutzgebieten.

3. Regulatorische Änderungen, um die Durchsetzung der Schutzmassnahmen sicherzustellen: Ein nationales System zur Registrierung und Identifizierung von zivilen Drohnen muss eingerichtet werden, zudem sind Richtlinien für die Ausbildung von Drohnenpiloten zu erarbeiten. Weiter sollten Hersteller und Händler dazu verpflichtet werden, beim Verkauf einer Drohne präzise Informationen zur geltenden

Rechtslage abzugeben, insbesondere zum Schutz der Privatsphäre und der Umwelt.

4. Die Schweiz sollte internationale Spielräume ausschöpfen und als aktive Partnerin an den laufenden Diskussionen mitwirken, ohne die geltenden europäischen Regulierungen pauschal zu übernehmen. Vielmehr sollten die Interessen der Schweizer Akteure sorgfältig abgewogen werden, sodass sie nicht benachteiligt werden.

5. Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte mit allen beteiligten Akteuren den Dialog zum Thema U-Space führen.

6. Auch die Frage der Schutzgebiete sollte unter Federführung des Bundesamts für Umwelt in einem Dialog mit allen betroffenen Akteuren erörtert werden.

7. Der Bund sollte ein nationales Testgebiet fördern und unter Beteiligungen der Industrie finanzieren.

## Einführung

Noch bis vor wenigen Jahren teilten die Vögel den Himmel über unseren Köpfen höchstens mit Flugzeugen, Helikoptern sowie vereinzelt Freizeitflugobjekten wie Segelflugzeugen, Gleitschirmen, Fallschirmen, Drachenfliegern und Modellflugzeugen. Heute wird der Luftraum immer stärker beansprucht, Tendenz steigend: Drohnen werden bald in allen Luftzonen anzutreffen sein, von den obersten Sphären (über 20'000 Metern) für Aktivitäten im Bereich der Telekommunikation bis hin zu den untersten Zonen (unterhalb von 150 Metern), beispielsweise für landwirtschaftliche Zwecke wie das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln auf den Feldern.

Zum Zeitpunkt der Ausschreibung der vorliegenden Studie im Januar 2016 warf TA-SWISS die Frage auf, ob Drohnen eine zukunftsweisende Technologie seien. Jetzt, am Ende der Studie, steht fest: Die Frage erübrigt sich – die Drohnen haben sich etabliert und werden nicht wieder verschwinden. Ob als Freizeit-Gadgets, die jeweils an Weihnachten die Bestseller-Listen aus dem Spielzeugregal anführen, oder als

integraler Bestandteil diverser professioneller Aktivitäten wie Luftaufnahmen, dem Transport kleinerer Gegenstände oder der Überwachung von Infrastrukturen: Zivile Drohnen sind überall. In der Schweiz werden jährlich 22 000 Stück davon verkauft; mehr als 100 000 ziehen bereits ihre Bahnen am Himmel. Ihre Popularität ist so gross, dass das Bundesamt für Zivilluftfahrt im Dezember 2017 mitteilen musste, es sei nicht mehr in der Lage, Anfragen von anderen Nutzern als von Behörden und Blaulichtorganisationen zu bearbeiten.

Diese Flut von Anfragen und Gesuchen stellt die Behörden bezüglich der Regulierung vor zahlreiche Fragen: Heute beruhen Bewilligungen für BVLOS-Einsätze von Drohnen auf Ausnahmeregelungen und Einzelfallentscheiden. Angesichts der wachsenden Anzahl von Drohnen strapaziert dies die Rechtsgleichheit. Eine geeignete Regulierung, insbesondere in Bezug auf die Beurteilung der sicherheitstechnischen Aspekte, kann aber erst erarbeitet werden, wenn der Begriff «Drohne» geklärt und formalisiert ist. Im heutigen Schweizer Recht fehlt er einstweilen.

In den nächsten Jahren ist infolge des technologischen Fortschritts mit einer weiteren beträchtlichen Zunahme der Anwendungsgebiete für Drohnen zu rechnen, was mit einer ganzen Reihe von Herausforderungen verbunden ist, sei es im Bereich des Schutzes der Privatsphäre oder des Umweltschutzes.

Im Rahmen der prospektiven TA-SWISS-Studie wurde ein Expertenpanel von regelmässigen Drohnenutzern, Forschern, Unternehmern und Umweltschützern befragt, um die Perspektiven der Drohnentechnologie sowie die damit verbundenen Herausforderungen genauer zu umreissen.

## Drohnen, ein allgegenwärtiges Thema

Fachliteratur und Medien setzen sich zunehmend mit dem Thema auseinander. Eine Analyse verschiedener Datenbanken zeigt seit 2010 eine deutliche Zunahme der Artikel zum Thema.

Die internationalen Medien befassen sich bis heute insbesondere mit der militärischen Nutzung von Drohnen. Der Mittlere Osten und Zentralasien, beides Orte von Kriegsschauplätzen, sind besonders oft Gegenstand von Artikeln über Drohneneinsätze, wobei der Schwerpunkt der Berichterstattung auf nachrichtendienstlichen Einsätzen liegt. Die wissenschaftliche Literatur hingegen befasst sich hauptsächlich mit der zivilen Anwendung von Drohnen. Es überrascht daher nicht, dass Drohnen in unserem Alltag immer präsenter werden, sowohl im Beruf als auch in der Freizeit.

### In der Schweiz

In den Schweizer Medien zeigt sich die gleiche Tendenz: Lag der Anteil der Berichte über militärische Anwendungen zu Beginn noch bei nahezu 80 Prozent, so reduzierte er sich im Lauf der Zeit deutlich auf rund 20 Prozent. Zivile Drohnen werden als Thema also immer populärer. Interessanterweise lässt sich auch eine unterschiedliche Behandlung der Thematik je nach Sprachregion feststellen: Während in der Westschweiz generell eher auf positive Aspekte eingegangen wird, kommen in der Deutschschweiz Risiken und Gefahren deutlich häufiger zur Sprache. Dies hat zum Teil sicher auch damit zu tun, dass das in der Region Lausanne angesiedelte «Dro-ne Valley» mit zahlreichen Startups rund um die ETH Lausanne, zu einer positiveren Wahrnehmung der Drohnentechnologie beiträgt.



# Eine schwierige Begriffsdefinition

Auf den ersten Blick scheint es nicht besonders schwierig, den Begriff «Drohne» zu definieren. Dennoch haben diese neuen Akteure des Luftraums ihren Platz im geltenden gesetzlichen Rahmen noch nicht gefunden. Der Gesetzgeber steht deshalb vor der grossen Herausforderung, eine allgemeingültige Definition zu erarbeiten. Dass diese Aufgabe nicht trivial ist, zeigen die unterschiedlichen Formulierungsansätze in andern nationalen und internationalen Regulierungen. Der Begriff «Drohne» wird dort jeweils – sofern überhaupt genannt – auf zwei verschiedene Arten umschrieben: Entweder mit Fokus auf die Autonomie der Geräte oder aber mit Schwerpunkt auf die Tatsache, dass diese auf Distanz gesteuert werden können.

Im geltenden Schweizer Recht wird der Begriff «Drohne» nicht definiert; diese unbemannten Geräte gelten als Unterkategorie der Flugmodelle. Die internationale Zivilluftfahrt-Organisation ICAO stellt die beiden Kategorien auf die gleiche Stufe und definiert zwei gleichwertige Kategorien: Drohnen einerseits und Flugmodelle andererseits. Der Unterschied besteht darin, dass erstere auch ausserhalb

des Blickfelds fliegen können, wenn sie von einem Piloten vom Boden aus kontrolliert werden und entsprechende Anforderungen erfüllen.

Die verschiedenen vorgeschlagenen Definitionen sind allesamt nicht zufriedenstellend. Die Autoren der Studie halten jedoch fest, dass es äusserst schwierig ist, auf technischer Ebene einen konzeptionellen Unterschied zwischen Flugmodellen und Drohnen vorzunehmen. Je nach Art der Nutzung können aber spezifische Regulierungen erlassen werden, was die Dringlichkeit einer präzise umschriebenen Definition mindert. Trotzdem ist die heutige Dominanz der Flugmodelle in der Gesetzgebung unangemessen, da Drohnen keine Mini-Flugzeuge sind. Der neue schweizerische Ansatz, wonach Flugmodelle und Drohnen einander gleichzusetzen und unter der Bezeichnung «unbemannte Luftfahrzeuge» zusammenzufassen sind, scheint hier erfolgsversprechender. In jedem Fall würde so der Begriff «Drohne» in die Gesetzgebung eingeführt, auch wenn der genaue technische Unterschied dabei nicht explizit erklärt würde.

## Eigenschaften von Drohnen

Das Gewicht einer Drohne kann zwischen einigen Hundert Gramm und deutlich über einer Tonne variieren. Bis zu einem Gewicht von 30 Kilo ist keine Flugbewilligung notwendig, sofern die Drohne im Sichtbereich des Piloten fliegt: Die Piloten müssen lediglich einige Regeln des Bundesamts für Zivilluftfahrt befolgen, darunter jene, wonach die Drohne jederzeit in ihrem Blickfeld zu bleiben hat und keine Menschenansammlungen überfliegen darf. Ab einem Gewicht von über 30 Kilo müssen die Piloten eine Bewilligung beantragen. Diese Anträge werden in internen Verfahren von Fall zu Fall einzeln beurteilt. Flüge ausserhalb des sichtbaren Bereichs brauchen in jedem Fall eine Bewilligung.

Alle Anträge auf eine Bewilligung, die in der Kompetenz des BAZL liegen, unterstehen dem sogenannten

SORA-Prozess (*Specific Operations Risk Assessment*), einer Risikoanalyse für den Einsatz von unbemannten Flugsystemen.

### Flüge für nah und fern

Sieht man vom Problem der Begriffsdefinition ab, so versteht man unter Drohnen im Allgemeinen ferngesteuerte Geräte, die mit diversen Sensoren ausgestattet sind, sodass der Pilot sein Gerät lenken und je nach Anwendung auch Daten erfassen und speichern kann. Bestimmte Drohnen können sich mittels ihrer Sensoren auch völlig autonom fortbewegen, d. h. ohne Unterstützung durch einen Piloten. In der Schweiz ist der autonome Flugbetrieb gestattet, unter der Voraussetzung, dass der Pilot



jederzeit wieder die Kontrolle seines Gerätes übernehmen kann.

Drohnen können auf zwei Arten betrieben werden: Entweder bleiben sie im Blickfeld des Piloten, oder aber sie entfernen sich daraus (sei es infolge der Distanz oder wegen dazwischenliegenden Hindernissen). In der Fachsprache gelten diese beiden Arten von Flugbetrieb als VLOS- (visual Line of Sight) beziehungsweise als BVLOS-Flüge (beyond visual Line of Sight). Das Hauptinteresse bei Drohnen liegt in den BVLOS-Flügen, welche innovative Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten eröffnen. Erst sie ermöglichen es, das wirtschaftliche Potenzial der Drohnen voll auszuschöpfen. Aufgrund ihrer geringen Grösse würde eine vorgeschriebene Aufrechterhaltung des Sichtkontakts den Aktionsradius der Drohne stark einschränken und damit ihren Nutzen herabsetzen.

Drohnen können je nach Anwendung in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden: in Sensor- und in Transportsysteme.

### **Sensorsysteme: «Sehen» und erfassen**

Drohnen dieses Typs können mittels Kameras, Mikrofonen und anderen Sensoren Informationen über den – ansonsten oft schwer zugänglichen – Ort

einholen, an dem sie sich befinden. Dies ermöglicht Einsätze zu Überwachungszwecken, beispielsweise um Personen zu beobachten oder – in einem ganz anderen Kontext – um Jungtiere zu identifizieren, die dann in Sicherheit gebracht werden können, bevor ein Feld gemäht wird. Ausserdem können so auch sensitive Anlagen wie Kernkraftwerke oder weitverzweigte Infrastrukturen wie das Strassen- oder Elektrizitätsnetz überwacht werden. Hier können Drohnen nützliche Helfer sein, in unzugängliche Gebiete vordringen und dies, ihrer hohen Mobilität und Schnelligkeit wegen, auch über weite Distanzen hinweg.

### **Transportieren**

Zur Kategorie der Transportsysteme zählen in erster Linie Drohnen, die Substanzen und Sachmittel in ansonsten schwer zugängliche Regionen liefern, sowie Drohnen, die zu logistischen Zwecken Gegenstände sehr rasch und effizient von A nach B bringen. Würde dereinst ein Netzwerk autonomer Lufttaxis entwickelt, so würden auch grosse Drohnen zu dieser Kategorie zählen. Doch das bleibt vorerst in weiter Ferne. Schliesslich können Drohnen auch als Relais-Stationen zur Übermittlung von Informationen eingesetzt werden, wenn die herkömmlichen Kommunikationsnetze zusammenbrechen.

# Fotografin oder Taxi: Was eine Drohne alles kann

Die beiden geschilderten Drohrentypen finden bereits heute je nach Flugbetrieb in vielen Bereichen und zu verschiedensten Zwecken Anwendung. Eine prospektive Analyse zeigt, dass sie bis 2025 dank zahlreicher technologischer Entwicklungen unverzichtbar und weitverbreitet sein werden. Nachfolgend eine Liste der Einsatzgebiete (in alphabetischer Reihenfolge).

## Bau

In diesem Bereich werden Drohnen schon heute verbreitet für Luftbilddaufnahmen verwendet, wodurch Baufortschritte verfolgt und allfällige Probleme schneller festgestellt werden können. Bis 2025 werden sich Baufirmen nicht nur bei der Planung, sondern auch bei der Baustellenüberwachung und der Vermarktung fertiggestellter Immobilien durch Drohnen unterstützen lassen können.

## Behörden

Die Behörden setzen grosse Hoffnungen in eine systematischere Nutzung der Drohnen für verschiedene Aufgaben wie das Aufspüren vermisster Personen, die Grenzkontrolle, die Bestandsaufnahme nach Naturkatastrophen oder nach Unfällen in schwer zugänglichen Gebieten sowie die Ermittlung von Schadstoffen in der Luft nach Chemie- oder Nuklearunfällen. Polizei und Notfalldienste verfügen zurzeit noch über wenige Drohnen, doch ein breiter Einsatz ist absehbar. Dies wird mittelfristig Fragen bezüglich des Schutzes der Privatsphäre aufwerfen; mit diesen sind die Behörden, in erster Linie die Polizei, bereits heute regelmässig konfrontiert. Ausserdem werden sich die Behörden mit der Problematik illegaler Drohneneinsätze und geeigneter Abwehrmittel befassen müssen.

## Forschung

Auch die Forschung kann von der Verwendung von Drohnen profitieren. Sie ermöglichen es, mit verhältnismässig geringen Mitteln Daten aus der dritten Dimension zu erheben und zu verarbeiten. Ob

Archäologie, Meeresbiologie oder Klimaforschung – die vereinfachte Datenerfassung wird für die wissenschaftliche Forschung von grossem Nutzen sein.

## Humanitärer Einsatz

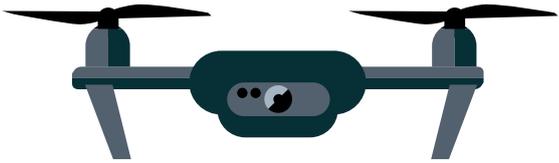
In Krisensituationen, insbesondere bei humanitären Einsätzen nach Naturkatastrophen, ist vor allem die Fähigkeit der Drohnen nützlich, in unerreichbare oder gefährlich gewordene Gebiete vorzudringen. Heute gibt es aber noch keine zentrale Koordination solcher Drohneneinsätze – weder im Bereich des Transports von Medikamenten oder Hilfsgütern noch für den Wiederaufbau eines Kommunikationsnetzes. Hier besteht in den nächsten Jahren Handlungsbedarf.

## Landwirtschaft

Schon heute setzen Landwirte Drohnen als nützliche Helfer bei ihrer täglichen Arbeit und zur Erhöhung der Ernteerträge ein. Das Ausbringen von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln lässt sich auch mittels Drohnen erledigen. Ausserdem können anhand spezifischer Kameras die Bodenqualität eines Ackers oder die Baumgesundheit in einem Waldstück überwacht werden. In Zukunft dürfte der Einsatz von Drohnen, beispielsweise anstelle von Helikoptern, auch aus ökologischen Gründen interessant sein.

## Medien und Werbung

Der Einsatz von Drohnen im Bereich Medien und Unterhaltung ist bereits weit verbreitet, vor allem zwecks kostengünstiger Filmaufnahmen aus neuen Blickwinkeln. In der Schweiz gibt es in diesem Bereich zahlreiche spezialisierte Unternehmen, die beispielsweise im Auftrag von Tourismusorganisationen agieren. Innerhalb der nächsten zehn Jahre dürfte dieses grosse Angebotsspektrum jedoch auf einige wenige Anbieter schrumpfen, die den Markt dank grosser Drohnenflotten dominieren.



## Transport

Vielversprechend ist auch jener Drohrentyp, welcher die Beförderung von Personen oder Gütern ermöglicht. Obwohl durchaus erfolgreiche Pilotprojekte bereits lanciert wurden, wie beispielsweise der Transport von Blutproben zwischen zwei Spitälern im Tessin, wird es wohl noch einige Jahre dauern, bevor solche Transportdrohnen alltäglich werden. Zudem zeichnet sich schon heute ab, dass nicht alle Anwendungsmöglichkeiten wirtschaftlich sinnvoll sind. Im Bereich Personentransport etwa gibt es noch immer zu viele ungeklärte Sicherheitsfragen, sodass die Einführung in den nächsten Jahren eher unwahrscheinlich ist. Von den im Rahmen dieser Studie befragten Experten wären nur ganz wenige bereit, in eine autonome Drohne zu steigen, um von A nach B zu gelangen. Einem autonomen Zug hingegen würden sie sich ohne Zögern anvertrauen.

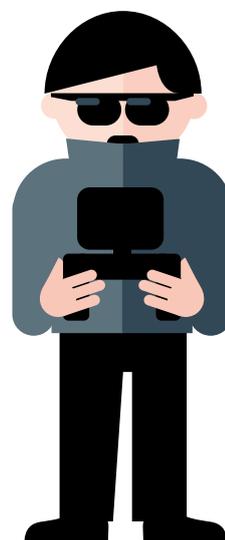
## Vermessung und Überwachung

Im Bereich der professionellen Vermessung und Überwachung dürfte der Einsatz von Drohnen in den kommenden Jahren deutlich zunehmen. Die Einführung neuer Sensortypen auf dem Markt, aber auch die wachsende Fähigkeit der Drohnen, immer grössere Datenmengen zu verarbeiten, werden diese zu unverzichtbaren Hilfsmitteln machen, beispielsweise zur Inspektion von Infrastrukturen oder zur Erfassung von Wildtierpopulationen.

## Illegale Tätigkeiten

Natürlich lassen sich Drohnen auch zu illegalen Zwecken missbrauchen – so zum Beispiel für die absichtliche Verletzung der Privatsphäre, für den Schmuggel wie etwa den Transport kleiner Mengen an Drogen, für das Ausspionieren kritischer Infrastrukturen oder terroristische Handlungen. Gegen den böswilligen Einsatz von Drohnen gibt es heute nur wenige effektive Abwehrmechanismen: So kann eine Drohne mittels elektromagnetischer Impulse übersteuert oder komplett deaktiviert werden; denkbar ist auch der Einsatz von physischen Verteidigungssystemen wie Netzen, Lasern, Raketen oder gar von eigens abgerichteten Greifvögeln. Solche Abwehrsysteme gehören einem derzeit noch wenig entwickelten Sektor an, der in Zukunft ebenso schnell wachsen dürfte wie die Drohnentechnologie selbst.

Studien weisen darauf hin, dass sich in erster Linie Anwendungen in der Landwirtschaft, im Bereich der Inspektion von Infrastrukturen und der behördlichen Überwachung entwickeln dürften. Alle diese Entwicklungen sind jedoch an Fortschritte im Bereich der BVLOS-Flüge gekoppelt.



# Gesetzgeberische Herausforderungen

Für alles, was Drohnen betrifft, ist das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) zuständig. Wer eine kleine Drohne (bis max. 30 Kilo) betreiben möchte, muss die auf der Webseite des BAZL aufgeführten Regeln befolgen. Auch für die Bewilligung von Flügen ohne Sichtkontakt sowie für grössere Drohnen ist das BAZL zuständig. Die Erteilung solcher Genehmigungen wird heute gemäss einer internen Vorgehensweise von Fall zu Fall einzeln geprüft. Angesichts der wachsenden Bedeutung der Drohnentechnologie ist dies erstaunlich, ja problematisch. Denn die Gleichbehandlung aller Gesuchsteller ist damit nicht gewährleistet, was dem Legalitätsprinzip, einem im Schweizer Recht zentralen Grundsatz, widerspricht.

Eine Anpassung des gesetzlichen Rahmens ist also zwingend: Die Rechtsgrundlagen für die Beurteilung der Sicherheitssysteme ziviler Drohnen müssen angepasst werden, um die Erteilung von Flugbewilligungen zu vereinfachen und die fallweise Betrachtung abzulösen. Die Voraussetzung dafür ist die klare Definition und Einführung des Begriffs «Drohne» in der Gesetzesgrundlage. Mit der Revision der geltenden Bestimmungen hat das Bundesamt für Zivilluftfahrt bereits einen ersten wichtigen Schritt in diese Richtung gemacht.

Die Frage der Handhabung von Drohnen ist eng damit verbunden, wo diese eingesetzt werden und was der Pilot mit ihrem Einsatz bezweckt. So können Drohnen im öffentlichen oder im privaten Raum verwendet werden, über dem Grundstück des Piloten oder über dem Privatbesitz von Dritten. Auch die Anwendungsfelder sind zu unterscheiden: reiner Zeitvertreib, Beobachtung inklusive Ton- und Bildaufnahmen, berufliche oder öffentliche Tätigkeiten. Hier sind zudem auch sämtliche illegalen Einsatzzwecke zu betrachten. Insgesamt gilt es also zahlreiche Bestimmungen zu berücksichtigen: vom Schutz der Persönlichkeit über die Handhabung von Daten, Eigentumsrechte, Fragen des Umweltschutzes, der Zonenkonformität bis hin zur rechtskonformen Nutzung des öffentlichen Raums. Die Autoren der vorliegenden Studie sind der Ansicht, dass die gesetzlichen Grundlagen in der Schweiz für die meisten dieser Bereiche grundsätzlich ausreichen und somit die landesweite Einführung und Anwendung ziviler Drohnen zufriedenstellend regulieren können.

Trotzdem gibt es ein paar heikle Punkte: Werden Drohnen inadäquat oder sogar illegal betrieben, besteht die Hauptschwierigkeit darin, den für den Verstoß verantwortlichen Piloten ausfindig zu machen. Das Gesetz definiert zwar Verstöße, aber mangels eines nationalen Drohnenregisters und mangels der zwingenden Pflicht, technische Systeme zur Identifizierung einer Drohne einzubauen, können die Verantwortlichen nur selten gefasst werden. Mit anderen Worten: Die Möglichkeiten, die geltenden Rechtsvorschriften durchzusetzen, sind hier meist nicht vorhanden.

Vor diesem Hintergrund sprechen sich die Autoren der Studie ganz klar für die Einführung eines Identifikationsmechanismus für Drohnen aus. Ein elektronisches System könnte mittels Transmitter ein Dauersignal senden und würde die Drohne jederzeit identifizierbar machen. Beim Kauf einer neuen Drohne wäre der Halter gesetzlich verpflichtet, diese zu registrieren. Diese Massnahme würde es gleichzeitig auch erlauben, einen realitätsnahen Eindruck des wirtschaftlichen Potenzials der Drohnentechnologie zu gewinnen. Das Bundesamt für Zivilluftfahrt arbeitet bereits am Aufbau eines Drohnenregisters.

Ein solches Register muss eng an eine ganze Reihe eindeutiger Bestimmungen bezüglich der Ausbildung der Piloten gekoppelt werden. Ein gutes Vorbild auf europäischer Ebene sind hier die von der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) erlassenen Bestimmungen. Gleichzeitig sollten Hersteller und Vertreiber von Drohnen verpflichtet werden, die Käufer klar über die geltenden Bestimmungen zu informieren, insbesondere was den Daten- und den Umweltschutz betrifft.

In diesem Kontext muss die Schweiz weiterhin aktiv an der internationalen Diskussion rund um Drohnen und ihre Regulierung teilnehmen. Europäische Bestimmungen sollten jedoch nicht pauschal übernommen werden: Im Interesse der Schweizer Akteure sind Vor- und Nachteile sorgfältig abzuwägen und die vorhandenen Spielräume konsequent auszuschöpfen.

# Bedenken gegenüber Drohnen in der Öffentlichkeit

Nach Ansicht der im Rahmen der Studie befragten Experten ist die Schweizer Bevölkerung Drohnen gegenüber eher kritisch eingestellt – was zum Teil sicher damit zu tun hat, dass diese anfänglich vor allem zu militärischen Zwecken eingesetzt wurden. Zivile Drohnen sind jedoch auch im Alltag der Schweizerinnen und Schweizer immer präsenter und ihr Image entwickelt sich positiv. Eine erneut anschwellende Medienberichterstattung über Drohneneinsätze in Konfliktgebieten könnte jedoch dieses positive Image nach Meinung der Fachleute wieder in Frage stellen. Doch nicht nur ihr Ruf einer aus sicherer Distanz ferngesteuerten todbringenden Waffe beeinträchtigt das Image der Drohnen: Grosse Vorbehalte gibt es in der Bevölkerung auch gegenüber ihrem Potenzial, ungefragt in die Privatsphäre anderer einzudringen oder – in geringerem Ausmass – als Störenfriede in Erholungsgebieten aufzutreten und Wildtiere aufzuschrecken. Das grösste Hemmnis für eine flächendeckende Einführung bleibt für die Experten jedoch in erster Linie die Frage der Sicherheit.

## Technologische Herausforderungen

Das Bewusstsein dafür mag in der Öffentlichkeit fehlen, aber die grösste Herausforderung, welche die Drohnen meistern müssen, ist technologischer Art: Drohnen müssen fliegen, d.h. sich in der Luft halten, und bei Bedarf rasch und sicher landen können. Batterie- oder programmierungsbedingte Störungen, die schlimmstenfalls zum Absturz führen, könnten für Gebäude, Personen oder andere Flugobjekte schwerwiegende Folgen haben, insbesondere bei schweren Drohnen. Die Drohnentechnologie muss daher weitere Fortschritte machen, um den sicheren und autonomen Flug zu gewährleisten. Ihr Erfolg in der zivilen Welt hängt davon ab.

Von zentraler Bedeutung ist hier insbesondere die Landung: Drohnen müssen beim Abbruch der Kommunikation zum Piloten autonom landen können, ohne Schäden zu verursachen. Die Technologie an Bord der Drohne muss zudem in der Lage sein, andere Luftraumnutzer zu erkennen und somit ein Nebeneinander ohne Zwischenfälle zu gewährleisten.

Für die Weiterentwicklung der Drohnen werden nach Ansicht der Experten insbesondere technologische Verbesserungen im Bereich der Autonomiefähigkeit wichtig sein, effizientere GPS- und Warnsysteme oder auch die Entwicklung von leistungsfähigeren Batterien und leichteren Materialien.

## Schutz der Privatsphäre

Obwohl die Experten diesen Aspekt nicht als vorrangig gewichten, ist der Respekt der Privatsphäre dennoch das Thema, welches die Bürgerinnen und Bürger am meisten beschäftigt. Drohnen werden in erster Linie als Spione wahrgenommen. Der militärische Ursprung der Geräte trägt hierzu sicherlich wesentlich bei. Jedermann weiss heute, dass Drohnen, die ein Wohnquartier überfliegen, höchstwahrscheinlich mit einer Kamera ausgerüstet sind und Bilder aufnehmen. Auch Ordnungskräfte haben unter Umständen Interesse an einer Nutzung zu Überwachungszwecken. Das weckt bei vielen die Angst vor einem Polizeistaat.

In jedem Fall ist davon auszugehen, dass Personen, die sich von Drohnen gestört fühlen, nicht wissen können, wer diese steuert. Diese Verletzung der Privatsphäre bietet Konfliktpotenzial, da Drohnen leicht in bislang unerreichbare Zonen vorstossen, sei es bis hinauf zu den obersten Stockwerken von Wohnhäusern oder über die Zäune und Hecken, die private Gärten voneinander trennen. Wie bereits erwähnt, sind die Bürgerinnen und Bürger in der Schweiz durch die verschiedenen geltenden Bestimmungen theoretisch zwar gut geschützt, doch die faktische Anonymität der Piloten verunmöglicht die Durchsetzung des Rechts. An wen soll man sich im Streitfall wenden? Wie kann man eine aufdringliche Drohne loswerden, wenn man nicht weiss, wer sie steuert?

## Umweltschutz

Aus Sicht des Umweltschutzes verursachen Drohnen zwei Hauptprobleme: Da ist zuerst der Lärm, der durch den Flugbetrieb entsteht, und zweitens die

Tatsache, dass Drohnen Wildtiere aufschrecken und stören können.

Der Lärm entsteht in erster Linie durch die Rotorblätter der Multikopter, ist aber auch abhängig vom Wind und der unmittelbaren Umgebung. Eine NASA-Studie führt aus, der Drohnenlärm werde nicht zuletzt deshalb als besonders lästig empfunden, weil er für viele ungewohnt sei – Strassenlärm werde im Gegensatz dazu meist weniger wahrgenommen. Eine ernsthafte Auseinandersetzung mit der Lärmproblematik ist angesichts der zunehmenden Verbreitung von Drohnen unausweichlich.

Auch zur Auswirkung von Drohnen auf die Fauna liegen noch wenige Erkenntnisse vor. Man darf aber vermuten, dass regelmässige Überflüge oder Flüge mit unregelmässigen Flugmustern, wie das bei Freizeitdrohnen meist der Fall ist, bei Wildtieren Stressreaktionen auslösen. Am stärksten betroffen sind hier die Vögel. Untersucht man die Fälle, in denen eine Reaktion eindeutig und erkennbar war (Flucht oder Angriff), so lässt sich feststellen, dass grosse Gruppen von Tieren eine Drohne in einem Umkreis von 100 bis 700 Metern bemerken, kleinere in einem Umkreis von 100 bis 450 Metern. Zusätzliche Forschungsarbeiten sind notwendig, um abzuschätzen zu können, welche langfristigen negativen Konsequenzen die Präsenz von Drohnen im Luftraum haben, insbesondere als Stressfaktor für Vögel. Die Ergebnisse einer amerikanischen Studie

lassen darauf schliessen, dass Drohnen zwar meist nicht primär Fluchtreaktionen hervorrufen, dass die Stressreaktion bei den betroffenen Tieren aber durchaus nachweisbar ist und sich beispielsweise in einer erhöhten Herzfrequenz zeigt.

Wildschutz- und insbesondere Vogelschutzverbände, die Teil der Studienbegleitgruppe waren, weisen nachdrücklich auf die Probleme hin, die durch Drohnen verursacht werden und denen ihrer Ansicht nach unbedingt Rechnung zu tragen ist, auch wenn diese umweltbezogenen Herausforderungen von den befragten Experten nicht als vorrangig erachtet wurden.

In eidgenössischen Jagdbannbezirken (Naturschutzgebieten) sowie in nationalen und internationalen Wasser- und Zugvogelschutzgebieten ist der Einsatz von Drohnen bereits heute untersagt.

Sicher ist eine gesamtheitliche Betrachtung der schützenswerten Gebiete notwendig. Die diesbezüglichen Regelungen sollten jedoch zwischen Gemeinden und Kantonen abgestimmt werden, um den Drohnenpiloten deren Einhaltung zu vereinfachen. Diesen Dialog zwischen den verschiedenen Akteuren sollte das Bundesamt für Umwelt koordinieren. Gegenstand der Diskussion wären Fragen des Umweltschutzes, aber auch des Schutzes der Privatsphäre. Mögliches Ziel könnte die Erarbeitung einer Liste von Flugverbotszonen sein.

## Ein U-Space für die Verkehrskoordination

Nebst den technologischen, gesellschaftlichen und umweltbezogenen Herausforderungen, müssen die immer zahlreicher werdenden Drohnen auch in der Lage sein, den Luftraum mit anderen Akteuren zu teilen, mit Flugzeugen, Helikoptern, Segelfliegern sowie allen anderen Freizeitsportgeräten wie Gleit- und Fallschirmen usw. Kollisionen können äusserst schwerwiegende Konsequenzen haben, sei es für die Akteure im Luftraum selbst, sei es für unbeteiligte Dritte, die sich zur falschen Zeit am falschen Ort aufhalten. In diesem Zusammenhang muss daran erinnert werden, dass der Einsatz von BLVOS-fähigen Drohnen heute schon in Einzelfällen bewilligt wird. Das bedeutet, dass der Pilot keinen direkten Sichtkontakt zu seinem Gerät hat und somit die Risiken in

der unmittelbaren Umgebung seiner Drohne nicht einschätzen kann. Andererseits kann nicht erwartet werden, dass beispielsweise ein Flugzeugpilot kleine Flugkörper wie Drohnen überhaupt rechtzeitig wahrnehmen kann.

Drohnen müssen daher mit einem *Detect & Avoid-System* ausgerüstet werden, welches das Prinzip des «Sehens und Gesehenwerdens» technisch nachbildet: In der herkömmlichen Luftfahrt besteht dieses Prinzip darin, dass sich an Bord des Luftfahrzeugs ein Pilot befindet, der andere Luftverkehrsteilnehmer erkennen kann. Im Fall der Drohnen müssen Kollisionsschutzsysteme an Bord diese Aufgabe übernehmen und bei Bedarf Ausweich- oder Lan-

demanöver einleiten. Solche Systeme existieren gegenwärtig noch nicht, sind aber in der Entwicklung. Zudem gibt es bisher noch keine Zulassungsvorschriften.

Die Flugsicherung für den bemannten Luftverkehr ist in der Schweiz Aufgabe von Skyguide. Die Etablierung eines entsprechenden Systems für den unbemannten (oder ferngesteuerten) Luftverkehr ist für die weitere Verbreitung der Drohnentechnologie essenziell. Damit befasst sich die Nichtregierungsorganisation Global UTM Association in Lausanne. Ein System, das zahlreiche wichtige Aufgaben zur Sicherung des unbemannten Luftverkehrs übernimmt, wird UTM genannt (*Unmanned Traffic Management*), in Europa U-Space. Zu seiner Umsetzung sind mehrere Elemente unverzichtbar. Drohnen sowie alle anderen unbemannten Luftfahrzeuge gelten als integraler Bestandteil des Systems. Gleichzeitig muss der U-Space an ein Register aller aktiven Drohnen sowie an ein System zur Echtzeit-Positionsbestimmung gekoppelt sein. Eine wichtige Rolle spielen zudem topografische und meteorologische Daten sowie der Informationsaustausch mit der traditionellen Flugsicherung. Schliesslich kann der U-Space auch bei der Untersuchung von Flugunfällen und -zwischenfällen

zum Zug kommen, um vorhandene Informationen zur Verfügung zu stellen oder um Anweisungen an Drohnenutzerinnen und -nutzer weiterzuleiten.

Die entsprechende technologische Lösung und die Infrastruktur für ein solches System müssen erst noch entwickelt werden, möglicherweise auf Grundlage der aktuellen Mobilfunkinfrastruktur. Langfristig besteht die Herausforderung darin, ein solches System in das Standard-Flugsicherungssystem zu integrieren oder zumindest an dieses anzubinden, um die Koordination aller Akteure zu ermöglichen.

Die Schweizer Flugsicherung Skyguide hat im September anhand einer Live-Demonstration mit drei Drohnen in Genf gezeigt, wie ein solcher U-Space aussehen könnte.

Im Hinblick auf die Entwicklung eines U-Space müssen die Forschung und der Dialog aller Beteiligten vorangetrieben werden. Dazu gehört die Förderung der Forschung im Bereich Kollisionsprävention. Ganz wesentlich ist es auch, juristische Hindernisse auszuräumen, die heute den BVLOS-Flug untersagen, sowie wirkungsvolle Mittel zu schaffen, um den Überflug von Schutzgebieten zu verhindern.

## Welche Technologie an Bord der Drohnen von morgen?

Der technologische Fortschritt im Bereich der künstlichen Intelligenz, aber auch bezüglich der Energieversorgung (Batterien) und der Kollisionsschutzsysteme, wird zur weiteren Entwicklung von Drohnen beitragen.

Ein komplexes Problem ist die Automatisierung verschiedener Prozesse in der Luftfahrt, da sie die Sicherheit und Verlässlichkeit der Flüge direkt beeinflusst. Um gewisse Funktionen zu automatisieren und Unfälle zu verhindern, müssen die von zahlreichen Sensoren erfassten Daten ausgewertet und fehlerfrei verarbeitet werden. Ausserdem sind redundante Systeme erforderlich, um gegen allfällige Ausfälle und andere Pannen gerüstet zu sein.

Nur wenige Drohnen verfügen heute über Systeme, die auf künstlicher Intelligenz basieren. Bis 2025 wer-

den kaum Drohnen über unseren Köpfen kreisen, die auf Basis der Daten, die sie während des Flugbetriebs sammeln, selbständige Entscheide fällen können. Dies zumindest ist die Meinung der Autoren der vorliegenden Studie – andere Forscher kommen hier zu deutlich alarmierenderen Ergebnissen.

Die Frage der Batterien und ihrer Laufzeit bestimmt die Flugdauer und -distanz, aber auch die Transportlast. Die Personenbeförderung wird erst dann zu akzeptablen Bedingungen möglich sein, wenn die Qualität der Drohnenbatterien dafür ausreicht. Batterien spielen daher eine Schlüsselrolle in der künftigen Verbreitung dieser Technologie.

Ebenfalls zentral ist schliesslich, wie bereits erwähnt, die Technologie des *Detect & Avoid* für BVLOS-Flüge,

denn damit direkt verbunden ist das enorme wirtschaftliche Potenzial der Drohnen.

Heute fehlt ein Testgelände, um all diese technischen Probleme angehen zu können, Forschungsergebnisse zu

erproben und mögliche Lösungen für die Schaffung eines U-Spaces zu testen. Ein solches zu Testzwecken sicher abgegrenztes Gebiet würde den Aufschwung der Drohnentechnologie wesentlich fördern.

## Fazit: eine höchst aktuelle Technologie

Im Rahmen dieser Studie wurden rund 60 Expertinnen und Experten aus allen betroffenen Fachgebieten zu ihrer Sicht auf künftige Entwicklung der Drohnentechnologie befragt (Behörden, Akteure des Luftverkehrs, Grundlagenforscher, Hersteller und Nutzer, Umwelt- und Tierschutzverbände, Datenschützer usw.). In der Expertengruppe waren zu gleichen Teilen sowohl begeisterte Verfechter als auch neutrale Fachpersonen und Skeptiker vertreten.

Sie alle sind sich darin einig, dass Drohnen bis in zehn Jahren in vielen Teilen der Schweiz zum Alltag gehören werden und dass ihre Akzeptanz in der Bevölkerung und ihre breitere Nutzung weitgehend von den Anwendungsfeldern abhängen: So ist davon auszugehen, dass die Bevölkerung kaum Vorbehalte gegen den Einsatz von Drohnen anstelle von Helikoptern in der Landwirtschaft anmelden wird. Ein massiver Einsatz von Drohnen über Siedlungsgebieten zwecks Luftbildaufnahmen oder etwa auch zur Überwachung von Demonstrationen dürfte hingegen als sehr viel problematischer empfunden werden. Der Einsatz in bewohnten, insbesondere in städtischen Gebieten, ist daher eine grosse Herausforderung und muss zwingend geregelt werden, da es hier um Fragen geht, die den unmittelbaren Schutz der Privatsphäre betreffen und damit in der Bevölkerung berechnete Ängste schüren. Ausserhalb der Städte beurteilen die Experten die Situation ähnlich: Der Drohneneinsatz muss reglementiert werden und es sind Schutzgebiete zu bestimmen, speziell im Hinblick auf die Erhaltung der Natur und den Schutz von Wildtieren.

Zum Thema der schützenswerten Gebiete muss zwingend ein nationaler Dialog mit allen betroffenen Parteien aufgenommen werden und es sind einheitliche Bestimmungen zu entwickeln.

Die Drohnentechnologie in der Schweiz birgt aber auch etliche Chancen. Einig sind sich die Experten über das grosse Potenzial ziviler Drohnen für die Schweizer Wirtschaft: Die Überwachung von Infrastrukturen, beispielsweise Bahninfrastrukturen, aber auch der grosse Bereich der Luftbildaufnahmen – für Medien, Tourismus oder Architektur – sind vielversprechende Einsatzgebiete. Logistikbezogene Aktivitäten werden hingegen als weniger zukunfts-trächtig eingestuft.

Diese mögliche wirtschaftliche Entwicklung hängt aber davon ab, ob Drohnen robuster und autonomer werden. Sie müssen im Stande sein, autonom zu landen, verlässlich zu kommunizieren und andere Luftverkehrsteilnehmer fehlerfrei zu erkennen. Insbesondere der Aspekt der Autonomie kann für die Schweizer Industrie von grösstem Interesse sein. Zwingend ist schliesslich, dass ein U-Space (UTM) geschaffen wird und die technologischen Herausforderungen rasch angegangen werden, sodass die Drohnen problemlos in den Luftraum integriert werden können. Dazu gehört, dass eine Drohne absolut sicher fliegen und allfällige Pannen bewältigen kann, und zwar auch solche, die auftreten, wenn der Pilot sie nicht mehr sehen oder mit ihr kommunizieren kann. Forschung und Industrie haben hier noch einen weiten Weg vor sich. Die Einrichtung eines von Bund und Industrie finanzierten Testgeländes würde einen wesentlichen Beitrag hierzu leisten.

So könnten die Weichen gestellt werden, um die in vielen Bereichen heute bereits etablierte Drohnentechnologie weiter zu entwickeln – gelingen wird dies allerdings nur im Dialog mit allen Beteiligten.

## Studie «Zivile Drohnen – Herausforderungen und Perspektiven»

### Projektgruppe

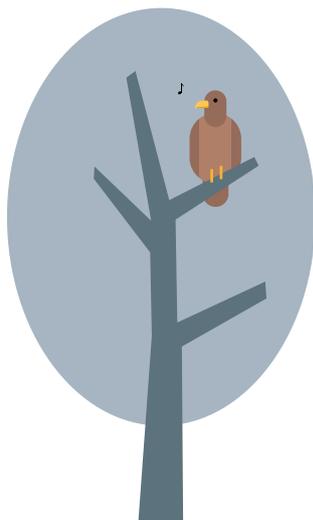
- Prof. Dr. Michel Guillaume, Leiter Zentrum für Aviatik, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
- PD Dr. Markus Christen, Geschäftsleiter UZH Digital Society Initiative, Universität Zürich
- Dr. Kurt Moll, Rechtsanwalt, Bern
- Dr. Ing. Peter M. Lenhart, Zentrum für Aviatik, ZHAW
- Maximilian Jablonowski, M.A., Institut für Sozialanthropologie und Empirische Kulturwissenschaft, Universität Zürich

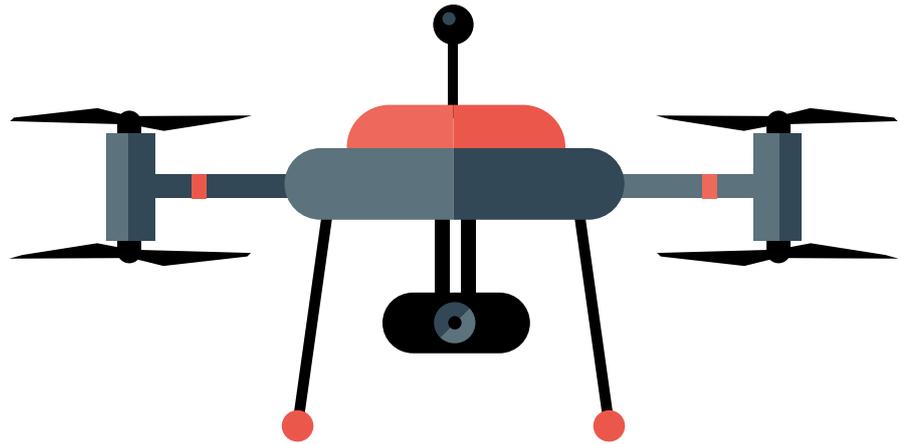
### Begleitgruppe

- Dr. Bruno Baeriswyl, TA-SWISS Leitungsausschuss, Datenschutzbeauftragter des Kantons Zürich
- Dr. Felix Altorfer, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (Vertreter der Kommission für Technologie und Innovation KTI)
- Bruno Arnold, AGRIDEA (Schweizerische Vereinigung für die Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums)
- Siddhartha Arora, IBM Switzerland
- Reto Büttner, Schweizer Verband Ziviler Drohnen (SVZD)
- Laurent Delétraz, skyguide – swiss air navigation services ltd
- Markus Farner, Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)
- Dr. Olivier Glassey, TA-SWISS Leitungsausschuss, Faculté des sciences sociales et politiques (SSP), Université de Lausanne
- Dr. Rolf Hügli, Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW
- Dr. Quentin Ladetto, armasuisse Wissenschaft und Technologie
- Arthur Leibundgut, Bundesamt für Kommunikation (BAKOM)
- Andrea Marrazzo, Schweizerische Post
- Yves Michel, Office fédéral de la Communication (OFCOM)
- Werner Müller, BirdLife Schweiz (Schweizer Vogelschutz SVS)
- Dr. Alice Reichmuth Pfammatter, Datenschutzexpertin und Rechtsanwältin

### Projektmanagement TA-SWISS

- Dr. Catherine Pugin, TA-SWISS





## Impressum

Ferngelenkte fliegende Kisten  
Kurzfassung der Studie « Zivile Drohnen – Herausforderungen und Perspektiven »  
TA-SWISS, Bern 2018  
TA 66A/2018

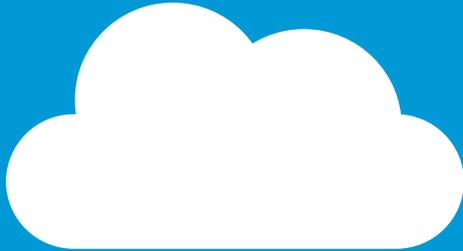
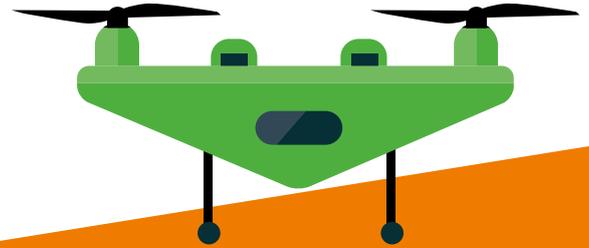
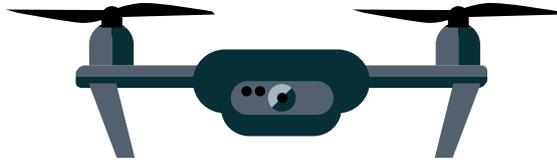
Autorin: Catherine Pugin, TA-SWISS, Bern  
Übersetzung: Aurelia von Zeerleder, Muri  
Produktion: Christine D'Anna-Huber, TA-SWISS, Bern  
Gestaltung und Illustrationen: Hannes Saxer, Bern  
Druck: Jordi AG – Das Medienhaus, Belp

## **TA-SWISS – Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung**

Neue Technologien bieten oftmals entscheidende Verbesserungen für die Lebensqualität. Zugleich bergen sie mitunter aber auch neuartige Risiken, deren Folgen sich nicht immer von vornherein absehen lassen. Die Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS untersucht die Chancen und Risiken neuer technologischer Entwicklungen in den Bereichen «Biotechnologie und Medizin», «Informationsgesellschaft», «Nanotechnologie» und «Mobilität / Energie / Klima». Ihre Studien richten sich sowohl an die Entscheidungstragenden in Politik und Wirtschaft als auch an die breite Öffentlichkeit. Ausserdem fördert TA-SWISS den Informations- und Meinungsaustausch zwischen Fachleuten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und der breiten Bevölkerung durch Mitwirkungsverfahren. Die Studien von TA-SWISS sollen möglichst sachliche, unabhängige und breit abgestützte Informationen zu den Chancen und Risiken neuer Technologien vermitteln. Deshalb werden sie in Absprache mit themenspezifisch zusammengesetzten Expertengruppen erarbeitet. Durch die Fachkompetenz ihrer Mitglieder decken diese so genannten Begleitgruppen eine breite Palette von Aspekten der untersuchten Thematik ab.

Die Stiftung TA-SWISS ist ein Kompetenzzentrum der Akademien der Wissenschaften Schweiz.





TA-SWISS  
Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung  
Brunngasse 36  
CH-3011 Bern  
info@ta-swiss.ch  
www.ta-swiss.ch



Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung  
Fondation pour l'évaluation des choix technologiques  
Fondazione per la valutazione delle scelte tecnologiche  
Foundation for Technology Assessment

