



ICARUS

EINLADUNG ZUR MITARBEIT AN EINEM GLOBALEM
BEOBACHTUNGSNETZWERK VON KLEINEN OBJEKTEN (TIEREN)



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



WAS IST ICARUS?

ICARUS (International Cooperation for Animal Research Using Space) ist ein weltweiter Zusammenschluss von Biologen, die sich zum Ziel gemacht haben, eine Infrastruktur für eine satellitengestützte Erdbeobachtung kleiner Tiere (oder anderer kleiner Objekte) wie Zugvögel, Fledermäuse oder Seeschildkröten aufzubauen und zu etablieren. ICARUS ist ein deutsch russisches Kooperationsprogramm.

WARUM BRAUCHEN WIR ICARUS?

ICARUS wird eine Art „Blindenhund“ für die Menschen sein. Die evolutionär und in Hundertausenden von Jahren geschärften Fernerkundungssinne der Tiere sollen in folgenden Bereichen eingesetzt werden:

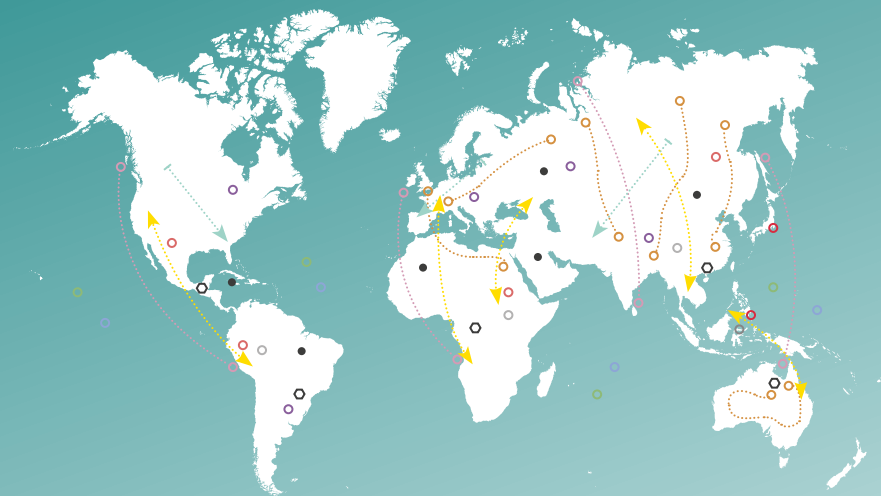
- Katastrophenvorhersage mit Hilfe von Tieren (mögliche Voraussagen von Fluten, Vulkanausbrüchen oder Erdbeben ermittelt durch Gruppenverhalten von Tieren)
- Erhaltung der Weltgesundheit durch frühzeitiges Erkennen von Krankheitserregern und ihrer Ausbreitung (Vogelgrippe, Maul- und Klauenseuche, Ebola)
- Ökosystemleistungen (Bestäubung, Schädlingsbekämpfung, Samenausbreitung)
- Naturschutz (Ausbreitung z.B. von Tigern und Erhalt bedrohter Arten)
- Globale Umweltveränderungen (Verlagerung von Lebensräumen, Wüstenbildung, Gletscherschmelze)
- Entdeckung unbekannter Tierwanderungen

WIE FUNKTIONIERT ICARUS?

- Datenerfassung in Black-Box-Datenloggern von kleinen Tierindividuen über GPS, 3D-Beschleunigungssensoren und zusätzlichen Sensoren.
- Autonome Energieversorgung der Datenlogger (Solarzellen mit aufladbaren Batterien)
- Datenverarbeitung innerhalb des Loggers, Datenreduktion und Selektion der relevanten Daten
- Übertragung von kleinen Datenpaketen zu erdnahen LEO-Satelliten (LEO = low earth orbit)
- Codemultiplexverfahren zur Kodierung der Daten (CDMA Codierung)
- Umwandeln und Dekodieren des Signals an Bord des Satelliten und Übertragung zur Bodenstation
- Datenverteilung und -speicherung über die Datenbank Movebank (www.movebank.org)

PROJEKTE

- Seevögel
- Küstenvögel
- Wasserschildkröten
- Fledermäuse
- Fleischfressende Tiere
- Wasservögel
- Drosseln
- Katastrophenvorhersage
- ↗ Navigation
- ↘ Kuckucke
- Unbekannte Tierwanderung
- Globale Kohlenstoffbilanz



Projektleiter

- Prof. Martin Wikelski
Max-Planck-Institut für Ornithologie und Universität Konstanz

Executive board

- Prof. Olga Solomina
Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Russia
- Dr. Grigori Tertitski
Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences
- Prof. Meg Crofoot
University of California USA
- Prof. Roland Kays
North Carolina Museum of Natural Sciences and NC State University, USA
- Prof. Kasper Thorup
University of Copenhagen Denmark
- Prof. Gil Bohrer
Assistant Professor, The Ohio State University, USA
- Prof. Kate Mansfield
Assistant Professor and director, University of Central Florida, USA

Projektkoordinatorin

- Uschi Müller
Max-Planck-Institut für Ornithologie
Am Obstberg 1
78315 Radolfzell
umueller@orn.mpg.de
www.icarusinitiative.org

Project engineering

- ICARUS Global Observation System GmbH
www.i-gos.de
- SpaceTech GmbH
www.spacetechnology.com
- Rohde & Schwarz INRADIOS GmbH
www.inradios.com
- Schaeffelhut Berger GmbH
www.schaeffelhut-berger.de

NEUE WISSENSCHAFTLICHE THEMEN UND TECHNOLOGIEN FÜR EINEN GLOBAL VERNETZTEN PLANETEN

Da wir alle die Erde als gemeinsamen Lebensraum teilen, steht das Wohlbefinden der Menschen in engem Zusammenhang mit der Existenz der Tiere, sei es als Nahrungsquelle, durch die Entstehung und als Überträger von Krankheiten oder auch als Früherkennungssystem menschlicher Eingriffe in die Natur. Milliarden von Tieren ziehen jährlich in freier Wildbahn um den Erdball. Sie verbinden die entlegensten Winkel der Erde und der Meere und könnten unsere Sensoren - unsere Augen, Ohren und Nasen - für die Gesunderhaltung unseres Planeten sein.

Man weiß jedoch noch sehr wenig über die Biologie der meisten Wildtiere, da man weder ihre Aufenthaltsorte genau verfolgen kann, noch ihre internen und externen Lebensbedingungen oder ihr Verhalten kennt. Vor allem aber versteht man den Grund für ihr Sterben nicht.

Für die Erhaltung der wertvollen Ökosystemleistungen und den Schutz unserer menschlichen Existenz müssen wir deshalb herausfinden, wo, warum und wann Tiere in Not sind. Die ICARUS-Initiative – ein Forschungsvorhaben, das Disziplinen und Kontinente überschreitet – wird diese Wissenslücke füllen, indem sie die lokalen, regionalen und globalen Bewegungsmuster von Tieren, die mit kleinen Sendern ausgerüstet sind, erkundet.

ICARUS LIEFERT VOLLKOMMEN NEUE ERKENNTNISSE:

- Zum Verlust menschlicher Nahrungsquellen durch Tierwanderungen und deren Ausbreitung
- Zur globalen Verbreitung von Krankheiten durch Tiere
- Zum Verhalten von freilebenden Tieren in einer sich verändernden Umwelt
- Zur Erhaltung der Artenvielfalt und dem Schutz bedrohter Wildtierarten

TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN SIND:

- Eine weltweite Abdeckung mit besenderten Tieren, um auch über weite Distanzen Zugmuster zu erfassen
- Eine zeitgleiche Kommunikation mit einer Vielzahl von Tiersendern
- Extrem kleine und leichte Sender, um auch kleinste Tiere verfolgen zu können
- Eine hohe und wartungsfreie Lebensdauer der Sender, um komplette Migrationszyklen beobachten zu können
- Erfassen des inneren (physiologischen) und äußeren (umweltbedingten) Zustands des Tieres





SYSTEMÜBERSICHT

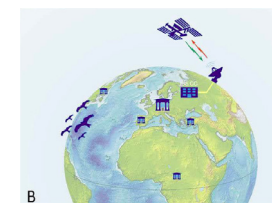
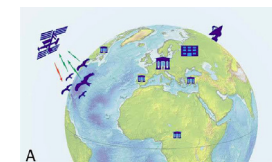
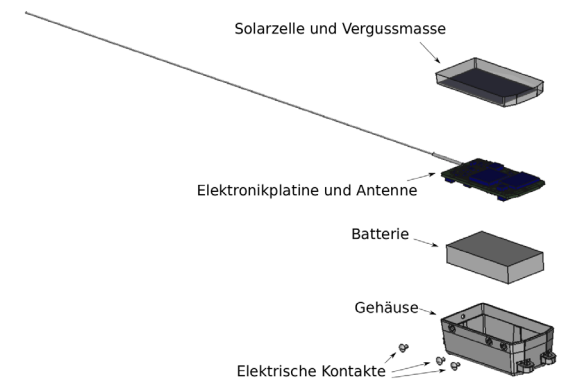
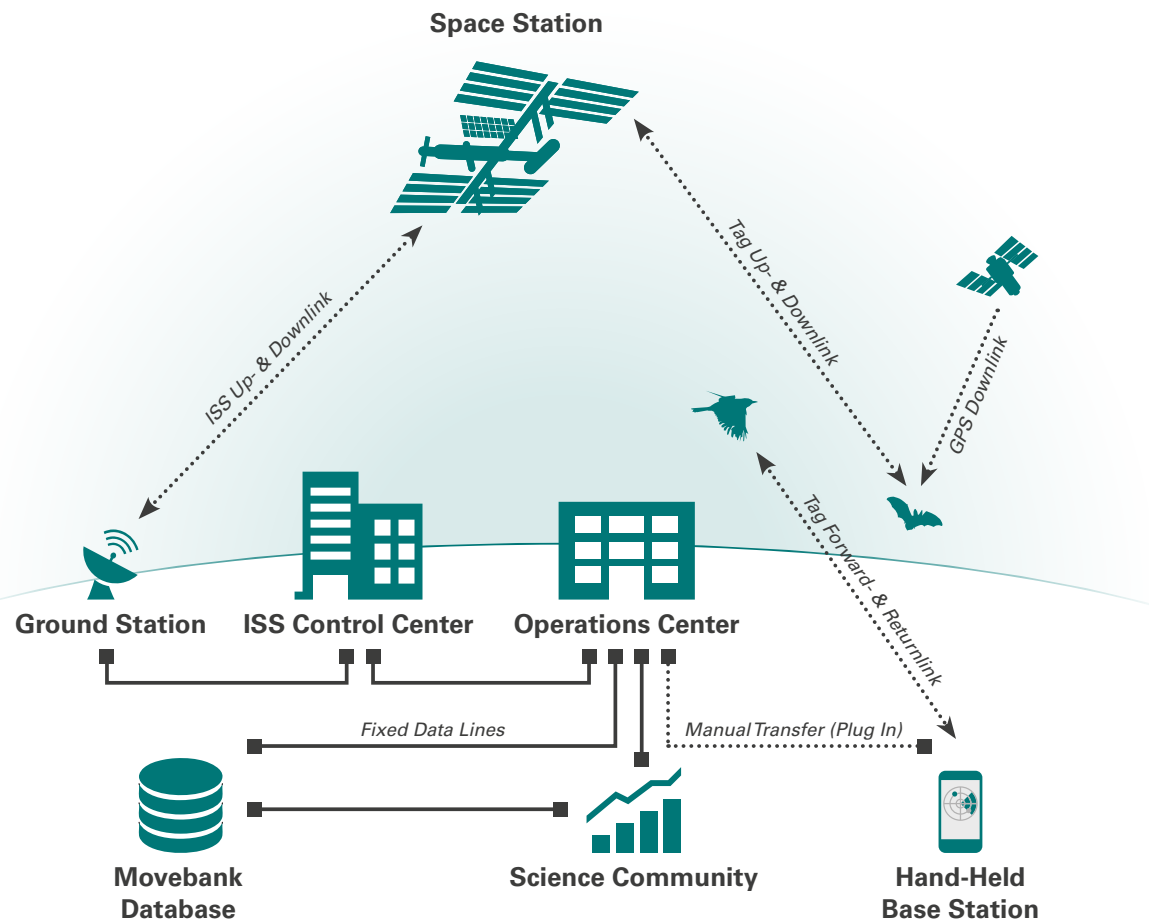
ICARUS setzt weltraum- und bodengestützte Elemente ein. Die weltraumgestützten Elemente werden als Relaisstation für die Funkverbindung zwischen dem Tiersender und dem Betriebszentrum am Boden genutzt. In einer ersten Erprobungsphase dient die internationale Raumstation (ISS) als Plattform für die ICARUS – Demonstrationsmission, um die Funktion der weltraumgestützten Elemente (Antennen, Hard- und Software der Empfänger und Sender) zu testen. Die miniaturisierten Sender, die an den Tieren angebracht sind, werden in einer wechselseitigen Kommunikation über Funkverbindung zur ISS stehen. Sie senden in regelmäßigen Intervallen ihre Position via GPS und speichern so den Weg und die Bewegungen des Senders mit hoher Messgenauigkeit. Wenn der Sender in Kontakt mit der ISS kommt, übermittelt er die gespeicherten Daten und erhält bei Bedarf Befehle zur Neukonfiguration. Das Betriebszentrum am Boden überwacht und kontrolliert die Systeme auf der ISS und über die ISS die Sender. Außerdem wird es für das Auswerten und Verteilen der Daten an die Wissenschaftler über die Movebank-Datenbank verantwortlich sein. Zusätzlich zur Verbindung über die Relaisstation im Weltall können die Wissenschaftler über tragbare Handgeräte auf kurze Distanz mit den Sendern kommunizieren, um den kompletten aufgezeichneten Datensatz auszulesen.



TIERSENDER

Die größte Herausforderung für ICARUS ist die Entwicklung einer funktionsfähigen Datenverbindung zwischen den Sendern auf den Tieren und dem Empfänger auf der ISS. Ein Tiersender kann mit dem ICARUS-System an Bord der ISS bis zu 800 km Entfernung mit geringem Datenvolumen kommunizieren. Er bestimmt in regelmäßigen Intervallen mittels GPS die genaue Position und erfasst die lokalen Umgebungstemperaturen und Beschleunigungswerte, die uns Hinweise über das Verhalten der Tiere geben. Und das alles mit einem Sender, der weniger als 5 Gramm wiegt und ein Volumen kleiner als 2 cm³ hat. Um diese anspruchsvollen Ziele zu erreichen, sind die Hauptfunktionen des Senders in miniaturisierten Elektronikeinheiten integriert, die für einen sehr geringen Energieverbrauch optimiert sind. Die Lebensdauer des Senders beträgt mindestens ein Jahr.

| | | | |
|---------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Gewicht | < 5 g | Batteriekapazität | 70 mAh |
| Volumen | ca. 2 cm ³ | Solarzellenfläche | 2 cm ² |
| Antennenlänge | 150 mm | Sendeleistung | 6 mW |
| Sensoren | GPS | | |
| | Beschleunigung | | |
| | Temperatur | | |
| | Magnetometer | | |



KOMMUNIKATIONSKONZEPT

Sobald sich ein Sender in der Empfangsreichweite der ISS befindet, empfängt er den Datenstrom von der ISS und sendet die eigene Position sowie die gespeicherten Sensordaten seit dem letzten Kontakt zur ISS. (A)

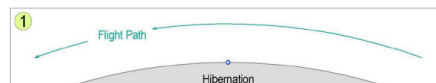
Das ICARUS-Bordsystem auf der ISS speichert die Daten und überträgt sie beim nächsten Kontakt zu der ISS-Bodenstation. Die Rohdaten werden über das ISS-Kontrollzentrum an das ICARUS-Betriebszentrum weitergeleitet, wo sie bearbeitet und anschließend in der wissenschaftlichen Datenbank Movebank abgespeichert werden. (B)

Die Wissenschaftler werten die Daten aus und können, falls erforderlich, über das Betriebszentrum ein Kommando an die Sender schicken, um deren Konfiguration zu verändern. (C)

Der entsprechende Befehl dazu wird an das ICARUS-Bordsystem auf der ISS (B) weitergeleitet. Überträgt der Sender beim nächsten Mal Daten an die ISS und macht sich damit bemerkbar, wird das abgespeicherte Kommando an diesen Sender (A) übertragen.

DER KOMMUNIKATIONSABLAUF ZWISCHEN SENDER UND DEM ICARUS-BORDSYSTEM AUF DER ISS BEINHALTET FOLGENDE SCHRITTE:

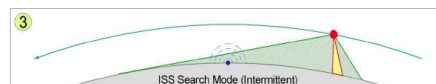
Schritt 1: Der Sender ist im Ruhemodus, d.h. im Zustand mit dem geringsten Stromverbrauch. Der interne Timer weckt das System erst kurz bevor sich die ISS nähert.



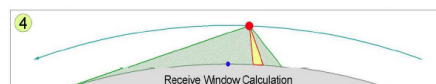
Schritt 2: Nach dem Aufwachen sucht die Empfangseinheit des Senders selbstständig und periodisch nach dem Radio-Signal, das von der ISS gesendet wird.



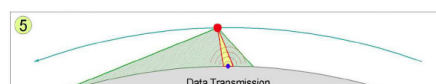
Schritt 3: Die Suche wird so lange fortgesetzt, bis das Signal erkannt wird. War der Empfang der von der ISS gesendeten Daten erfolgreich, errechnet der Sender daraus die Flugbahn der ISS.



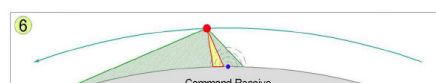
Schritt 4: Mit Hilfe der eigenen GPS-basierten Positionsdaten und unter Bezugnahme der errechneten ISS-Flugbahn bestimmt der Sender seine relative Position in Bezug zur ISS. Anhand dieser Informationen errechnet der Sender, wann er sich wieder innerhalb des Erfassungsbereichs der ISS-Empfangsantennen befindet. Bis zu diesem Zeitpunkt schaltet der Sender erneut in den Ruhemodus.



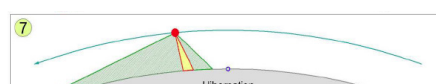
Schritt 5: Bei Erreichen des vorausberechneten Empfangsfensters übermittelt der Sender die gespeicherten Positionen und Sensordaten.



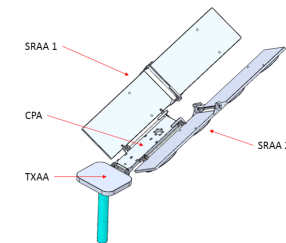
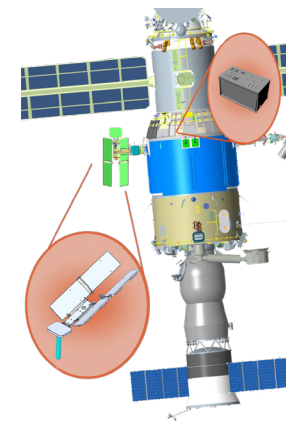
Schritt 6: Nach der Datenübertragung wird der Sender für eine vorgegebene Zeit im Empfangsmodus bleiben, um auf einen Konfigurationsbefehl zu warten, der von dem ICARUS-Bordsystem gesendet werden könnte.



Schritt 7: Bevor der Sender wieder in den Ruhemodus geht, berechnet er die Zeitspanne bis zum nächsten geplanten ISS Kontakt. Für die Positionsbestimmung und Erfassung von Sensordaten wird der Ruhemodus in regelmäßigen Abständen unterbrochen.



DAS ICARUS-EXPERIMENTALSYSTEM AUF DER INTERNATIONALEN RAUMSTATION (ISS)



Das ICARUS-Bordsystem wurde bereits auf dem russischen Modul der ISS installiert und wird 2018 in Betrieb gehen. Es besteht aus einer Elektronikeinheit, einer Empfangsantennenanlage, bestehend aus drei Antennen-Elementen, und einer Sendeantenne. Die Antennen sind so ausgerichtet, dass sie auf der Erde einen in Flugrichtung nach vorn ausgerichteten Sendebereich und einen etwas nach hinten ausgerichteten Empfangsbereich abdecken. Die Elektronikeinheit wird im Inneren der ISS installiert. Diese Einheit verfügt über eine hohe Rechenleistung, um die schwachen Signale von bis zu 500 Sendern, die sich gleichzeitig im Bereich der drei Antennen befinden können, zu empfangen und zu unterscheiden.

| Uplink (Empfangen) | | Empfangsantenne | |
|--|---------------------|--------------------------------|--|
| Frequenzbereich | 401 - 406 MHz | Typ | Patch-Antenne |
| Bandbreite | 1.5 MHz | 2 Seitenantennen (SRAA1 und 2) | 4 Patches |
| Datenrate (netto) | 520 bps | Abmessungen (beide Seiten) | Ca. 500 mm x 2.000mm |
| Anzahl übermittelter Daten je ISS-Überflug | 1784 bits | Mittlere Antenne (CPA) | Über Seitenantennen erzeugtes Strahlungsprofil |
| Kanal Übertragungsverfahren | CDMA | | |
| Empfangsbereich Antennen | 30 Km x 800 Km | | |
| Downlink (Senden) | | Sendeantenne (TXAA) | |
| Frequenzbereich | 467.5 - 469.5 MHz | Abmessung | Ca. 400 x 400 x 1200 mm ³ |
| Bandbreite | 50 KHz | | |
| Datenrate (netto) | 656 bps | | |
| Ausleuchtgebiet | 1300 Km Durchmesser | | |

Partner



Die ISS fliegt auf einer nahezu kreisförmigen Bahn in einer mittleren Höhe von 410-460 km und einem Neigungswinkel von 51,6°. Innerhalb eines Tages umkreist sie die Erde sechzehn Mal. Dabei verschiebt sich jede Bahn um ca. 2500 km über Grund in Richtung Westen. Der Empfangsbereich der ICARUS-Bordantennen deckt in 24 Stunden mehr als 90% der Erde zwischen den 58. nördlichen und südlichen Breitengraden ab mit den längsten zeitlichen Abständen zwischen Kontakten am Äquator und kürzeren Intervallen in den höheren Breitengraden. Da sich der Großteil der Landfläche der Erde in der nördlichen Hemisphäre in höheren Breitengraden befindet, ergeben sich damit hohe Auslesezyklen für die ICARUS-Sender.

Sobald die Funktionalität des ICARUS-Systems nachgewiesen ist, ermöglicht es über den Einsatz von vielen miniaturisierten Sendern auf der Erde eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen zum Wohle der Menschheit. Langfristig können mit einer Erweiterung des ICARUS-Systems mit zusätzlichen geeigneten Satelliten die Beobachtungszeiträume deutlich verkürzt werden.

WIR LADEN SIE EIN, EINE GLOBALE PARTNERSCHAFT IM ALL ZU GRÜNDEN

- ICARUS wird als Experimentalprojekt auf der ISS mitfliegen
- Raumfahrtationen sind als Partner willkommen, um sich dem ICARUS-Projekt anzuschließen.
- Partner kann werden, der:
 - ICARUS als Nutzlast auf seinem LEO-Satelliten fliegt
 - Technologietransfer innerhalb des ICARUS-Teams erlaubt und in der Lage ist, sein eigenes Bodensegment und Sender zu bauen sowie eigene Forschung und Beobachtungen zu betreiben
 - gemeinsamen Datenaustausch mit allen ICARUS Partnern betreibt
 - Weitergabe von Daten an alle anderen wichtigen Partner fördert, so dass eine größere globale Abdeckung ermöglicht wird
- Partner sind ebenso willkommen, um an den neuesten DLR geförderten Satelliten-Bus-Technologien teilzuhaben





BITTE ARBEITEN SIE MIT!

MIT IHRER UNTERSTÜTZUNG UND IHRER KOMPETENZ VERGRÖßERN
WIR DIE VORTEILE DIESES GLOBALEN BEOBACHTUNGSSYSTEMS FÜR
KLEINE OBJEKTE (TIERE)

→ www.icarusinitiative.org

