

# Forschung und Innovation im Luftfahrtsektor

## Strategische Nische Enteisung

Die Enteisungsstrategie  
für den österreichischen  
Luftfahrtsektor 2030+

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[www.bmvit.gv.at](http://www.bmvit.gv.at)  
[infothek.bmvit.gv.at](mailto:infothek.bmvit.gv.at)

Band 1, April 2018



# Inhalt

<b>1. Enteisierung in Österreich: innovativ, vielfältig, dynamisch</b>	<b>5</b>
1.1. Wissensvorsprung durch Forschung und Innovation	5
1.2. Stärkefelder einer strategischen Nische	6
<b>2. Kompetenzen und Lücken: eine Umfeldanalyse auf europäischer und internationaler Ebene</b>	<b>12</b>
2.1. Ground De-Icing	12
2.2. In-Flight Icing	12
2.3. Ice Tanker	13
2.4. Triebwerksvereisung	13
2.5. Air Data Probe Ice Protection	13
2.6. Experimentelle und numerische Simulation	14
2.7. Ice Sensing	15
2.8. Heizsysteme und funktionelle Beschichtungen	15
2.9. Schlussfolgerungen	15
<b>3. Drei Zielsetzungen – eine gemeinsame Vision 2030+</b>	<b>16</b>
<b>4. Der Maßnahmenkatalog</b>	<b>17</b>

## Abkürzungen & Begriffsdefinitionen

<b>Air Data Probes</b>	Luftdatensonden
<b>Anti-Icing</b>	Technologie, die dazu dient, Eisansatz zu vermeiden
<b>Appendix C, O und P</b>	Anhang C, O und P Vereisungsbedingungen der EASA CS-25
<b>De-Icing</b>	Technologie die dazu dient, Eisansatz zu entfernen
<b>F&amp;E</b>	Forschung & Entwicklung
<b>FIKI – Flight Into Known Icing</b>	Flug in Vereisungsbedingungen
<b>Flying Test Bed</b>	Fliegender Prüfstand
<b>Ground De-Icing</b>	Bodenenteisung
<b>Ice Protection (Systems)</b>	Eisschutzsysteme
<b>Ice Sensing</b>	Technologie, die dazu dient, Vereisungsbedingungen zu erkennen
<b>Ice Tanker</b>	Fluggerät mit Wassertank und Sprührechen an Bord, um Vereisungsbedingungen im Flug zu erzeugen
<b>Icing Wind Tunnel</b>	Experimentelle Versuchsanlage, die Vereisungsbedingungen in einem unterkühlten Windkanal erzeugt
<b>In-Flight Icing</b>	Experimentelle oder reale Vereisungsbedingungen am fliegenden Fluggerät
<b>Key (Icing) Facility</b>	Strategische Versuchsanlage mit begleitenden Technologien und Services sowie fachlicher Expertise (z.B. experimentelle und numerische Simulationsmöglichkeiten); einen Überblick über europäische Key Facilities finden Sie unter <a href="https://www.airtn.eu/catalogues/research-facilities">https://www.airtn.eu/catalogues/research-facilities</a>
<b>Mixed Phase und Ice Crystals</b>	Gemischte Phase von flüssigen und festen Wasser Bestandteilen und Eiskristalle
<b>SLD – Supercooled Large Droplets</b>	Unterkühlte große Wassertropfen
<b>Thermal Control</b>	Hier verwendet als: Thermalkontrolle im Innenraum von (Luft-) Fahrzeugen unter kontrollierter Zuführung von Heizenergie
<b>TKS-System</b>	Technologie, die an den Flügelvorderkanten ausgebrachte Enteignungsflüssigkeit nutzt, um den Flügel zu benetzen
<b>TRL – Technology Readiness Level</b>	9-stufige Skala zur Einstufung einer Technologie zwischen Grundlagenforschung und Marktreife
<b>UAV – Unmanned Aerial Vehicle</b>	Unbemanntes Luftfahrzeug

# 1. Enteigung in Österreich: innovativ, vielfältig, dynamisch

Die Enteigung von Luftfahrzeugen sowohl in der Luft wie auch am Boden trägt maßgebend zur Erhöhung der Sicherheit und Verbesserung der Performance in der Luftfahrt bei. In Österreich konnten über die letzten Jahre eine Vielzahl an Kompetenzen in der luftfahrtbezogenen Ver- und Enteigungsforschung aufgebaut werden. Mit vorliegender Strategie wird eine Bündelung dieser Kompetenzfelder angestrebt, um erhöhte Sichtbarkeit auf europäischer und internationaler Ebene zu erreichen und dadurch die strategische Position des nationalen Stärkefeldes im globalen Forschungs-, Innovations- und Technologiewettbewerb zu verbessern. Insgesamt umfasst der Themenschwerpunkt gleichermaßen die Anwendung für UAVs, Helikopter, Flugzeuge und deren Antriebe.

## 1.1. Wissensvorsprung durch Forschung und Innovation

Österreichische Kompetenzen im Themenbereich Ver- und Enteigung entwickelten sich bereits Anfang der 2000er Jahre, zunächst allerdings sehr fragmentiert. Durch eine sinnvolle Abfolge kooperativer Forschungs- und Entwicklungsprojekte erzielte Österreich einen Wissensvorsprung in der Ver- und Enteigungsforschung für die Luftfahrt und baute damit seine Kompetenzen aus. Diese Expertise eröffnete österreichischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch die Möglichkeit an europäische Programme anzudocken.

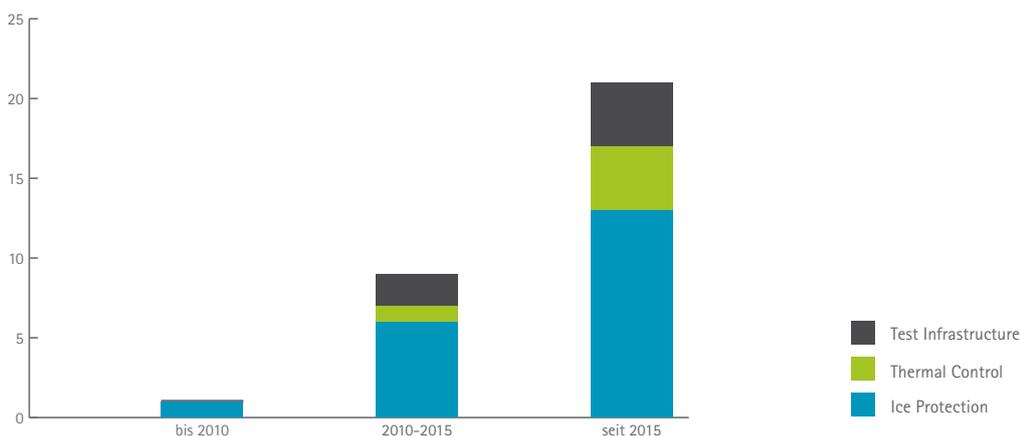


Abbildung 1: F&E-Projekte mit österreichischer Beteiligung in den Themenbereichen Ice Protection, Thermal Control und Test Infrastructure

Seit 2010 wurden rund dreißig nationale sowie europäische Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit österreichischer Beteiligung auf den Gebieten der Enteigungstechnologie und Thermalkontrolle durchgeführt. Mit der Eröffnung des Icing Wind Tunnels (IWT) für Luftfahrtanwendungen in Wien wurde im Jahr 2013 außerdem eine zentrale Forschungsinfrastruktur geschaffen. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass die luftfahrtbezogene Ver- und Enteigung in Österreich zunehmend an Bedeutung gewinnt und für österreichische Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine strategisch wertvolle Nische darstellt.

## 1.2. Stärkefelder einer strategischen Nische

Aufgrund der intensiven Forschungsaktivitäten heimischer Unternehmen und Forschungseinrichtungen gemeinsam mit internationalen Partnern in zum Großteil öffentlich geförderten Projekten konnte über die letzten Jahre hinweg eine strategische Nische aufgebaut und Schlüsselkompetenzen in den Stärkefeldern Ice Protection, Thermal Control sowie Test Infrastructure erlangt werden.

### Ice Protection

Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf dem Gebiet der Ice Protection, die auf österreichischem Know-How aufbauen, beschäftigten sich sowohl mit Lösungen für Anti-Icing als auch für De-Icing. Dabei wurden Methoden zur Überwachung, Erkennung und Vermessung von Eisbildung und deren Beschaffenheit erforscht. Als geeignete Enteigungsmethoden für Luftfahrzeuge wurden Lösungen wie etwa hydrophobe Beschichtungen und thermoelektrische Enteigungssysteme entwickelt. Das Design der Eisschutzsysteme erfolgte dabei häufig unter Einsatz numerischer Simulationsmodelle.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Projekte zum Thema Ice Protection gegeben:

#### MixVal

Modellierung von Strömungsprozessen zur genauen Erkennung von Eisbildung und deren Häufungsstellen  
**Projektbeteiligte:** Airbus Deutschland GmbH, FH JOANNEUM GmbH, Prisma Engineering GmbH, TU Graz  
**Projektlaufzeit:** 2008-2010  
**Förderung:** Take Off

#### IceGrid

Untersuchung von Eisbildung auf Rückhaltegrittern im Klimatisierungssystem von Luftfahrzeugen  
**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, FH JOANNEUM GmbH, ICON, TU Graz, Villinger GmbH  
**Projektlaufzeit:** 2011-2013  
**Förderung:** Take Off

#### Anti-Ice

Entwicklung von Anti-Icing/De-Icing-Systemen zur Verbesserung der Flugsicherheit und -performance  
**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, Austrian Research Centers GmbH, FH JOANNEUM GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, PROFACTOR GmbH, TU Graz  
**Projektlaufzeit:** 2009-2011  
**Förderung:** Take Off

#### AAP3

Untersuchung von fortgeschrittenen Enteigungssystemen für Flugzeugpropeller  
**Projektbeteiligte:** AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Austro Engine GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, MT-Propeller Entwicklung GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Villinger GmbH  
**Projektlaufzeit:** 2011-2013  
**Förderung:** Basisprogramm, EraSME Proposal

#### HEAT

Erprobung von speziellen Heizlacken für ein leichtes, einfaches und flexibles Enteigungssystem für Luftfahrzeuge  
**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, FH JOANNEUM GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, qpunkt GmbH, Villinger GmbH  
**Projektlaufzeit:** 2010-2012  
**Förderung:** Take Off

#### Rotorblattenteisung

Untersuchung effektiver Enteigungsmethoden an Rotorblättern von Windkraftwerken - Know-how Transfer in die Luftfahrt  
**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH, STERNWIND Errichtungs- und Betriebs-GmbH, Villinger GmbH, WEB Windenergie AG  
**Projektlaufzeit:** 2011-2015  
**Förderung:** Energieforschungsprogramm

#### **eWing DE-ICER**

Entwicklung eines energieoptimierten thermoelektrischen Tragflächen-Enteisungssystems für die Luftfahrt

**Projektbeteiligte:** FH JOANNEUM GmbH, IESTA, Institut für innovative Energie- & Stoffaustauschsysteme, qpunkt GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2013-2014

**Förderung:** Take Off

#### **TWID**

Entwicklung eines thermischen Eisdetektionssystems zur Detektion von Eis sowie dessen Beschaffenheit

**Projektbeteiligte:** AVL qpunkt GmbH, FH JOANNEUM GmbH, IESTA Institut für Innovative Energie- und Stoffaustauschsysteme, Infineon Technologies Austria AG

**Projektlaufzeit:** 2014-2016

**Förderung:** Take Off

#### **IceDrip**

Untersuchung der Kombination eines diskontinuierlichen, elektrothermischen De-Icers mit (super)hydrophoben Beschichtungen

**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, FH JOANNEUM GmbH, Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Rembrandtin Lack GmbH Nfg. KG, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2014-2017

**Förderung:** Take Off

#### **eGround**

Entwicklung und proof of concept eines thermoelektrischen bodenbasierten Enteisungssystems

**Projektbeteiligte:** CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächen GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Tiroler Flughafenbetriebsgesellschaft m.b.H., Universität Innsbruck, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2014-2017

**Förderung:** Take Off

#### **AdBlue Anti-Icing**

Entwicklung eines Auftau und Anti-Icing Systems für AdBlue Tanks auf Basis von gedruckten Infrarot-Heizelementen für die Serienproduktion und Integration in ein Tier-1 System der Automobilindustrie - Know-how Transfer in die Luftfahrt

**Projektbeteiligte:** ATT advanced thermal technologies GmbH, Kautex Textron GmbH & Co KG

**Projektlaufzeit:** 2015-2017

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

#### **ICELIFT**

Erforschung der Umsetzbarkeit eines Systems zur Überwachung der Tragflächen von Luftfahrzeugen mittels eines Netzwerks drahtloser Sensoren

**Projektbeteiligte:** eologix sensor technology gmbh, FH JOANNEUM GmbH, Universität Klagenfurt, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2015-2018

**Förderung:** Take Off

#### **Wing Delcing**

Entwicklung und Referenzaufbau eines Tragflächenenteisungssystems mit vier verschiedenen Infrarot-Heizonen und drei verschiedenen Sensorsystemen

**Projektbeteiligte:** ATT advanced thermal technologies GmbH, Liebherr-Aerospace Toulouse SAS

**Projektlaufzeit:** 2016-2017

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

#### **eco2jet**

Verbesserung der Energieeffizienz von Schienenfahrzeugen hinsichtlich Heizung und Kühlung während des Betriebs, u.a. durch Integration eines Enteisungskonzepts für außenliegende Finnen eines Wärmetauschers und Beheizung des Innenraums mittels Infrarot-Heizfolie - Know-how Transfer in die Luftfahrt

**Projektbeteiligte:** ATT advanced thermal technologies GmbH, IESTA, Institut für Innovative Energie- und Stoffaustauschsysteme, Liebherr-Transportation Systems GmbH & Co KG, Obrist Engineering GmbH, ÖBB-Technische Services-GmbH, Rupert Fertinger GmbH, TU Graz, VIRTUAL VEHICLE Research Center

**Projektlaufzeit:** 2016-2019

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

#### **NO-ICE-Rotor**

Entwicklung und Demonstration eines hoch zuverlässigen thermischen Enteisungssystems für hochbelastete Rotorblätter und Flugzeugzellebereiche eines zivilen Kipprotors.

**Projektbeteiligte:** AIT Austrian Institute of Technology GmbH, AVIATEST Ltd., CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächen GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeug-versuchsanlage GmbH, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2016-2019

**Förderung:** H2020

### Printed Ice-Sensor

Entwicklung eines auf Folien gedruckten Eissensors zur Feststellung der Qualität darüber liegender Eisschichten (Dicke, Aufbau, Wasserfilm, etc.) auf kapazitiver Basis

**Projektbeteiligte:** ATT advanced thermal technologies GmbH

**Projektlaufzeit:** 2018-2019

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

### HIS

Entwicklung innovativer Technologien für ein Gesamtenteignungssystem für kleine und mittelgroße Hubschrauber

**Projektbeteiligte:** CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächentechnologie GmbH, Helikopter Air Transport Gesellschaft m.b.H., Österreichisches Institut für Vereisungswissenschaften in der Luftfahrt (AIIS), RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Villingen GmbH

**Projektlaufzeit:** 2018-2020

**Förderung:** Take Off

### LubRes

Entwicklung von innovativen, eisabweisenden Lackierungen basierend auf Flüssigkeiten, die in die Lackmatrix eingebettet werden

**Projektbeteiligte:** Aerospace & Advanced Composites GmbH, CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächentechnologie GmbH, Rembrandtin Lack GmbH Nfg. KG, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH

**Projektlaufzeit:** 2018-2020

**Förderung:** Take Off

### InSPIRe

Design und Entwicklung eines sicheren, zuverlässigen und kompakten, in die Flügelvorderkanten integrierten, elektrothermischen Enteignungssystems für das zukünftige Europäische Regionalflugzeug und Technologiedemonstration im Eiswindkanal

**Projektbeteiligte:** AeroTex UK LLP, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächen GmbH, Peak Technology GmbH, Villingen GmbH

**Projektlaufzeit:** 2018-2021

**Förderung:** CleanSky II

### I<sup>3</sup>PS

Integration in die Flugzeugstruktur sowie Test zweier innovativer Enteignungssysteme basierend auf Zwei-Phasen-Wärmeübertragung bzw. elektromagnetischer Induktion

**Projektbeteiligte:** Cranfield University, Euro Heat Pipes S.A., IKERLAN, S. Coop., RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Sonaca S.A.

**Projektlaufzeit:** 2018-2020

**Förderung:** Clean Sky II

## Thermal Control

Innerhalb der letzten zehn Jahre konnten durch die Forschungsaktivitäten heimischer Akteure auch Kompetenzen auf dem Gebiet der Thermalkontrolle im Innenraum von (Luft)fahrzeugen aufgebaut werden. Diese reichen mitunter von der Heizung von Fahrzeuginnenräumen mittels Heizlack oder Heizfolien bis hin zur Stabilisierung von Temperaturschwankungen in Batteriezellen. Lösungen, die etwa für Schienen- oder Elektrofahrzeuge entwickelt wurden, erlauben in vielen Fällen einen Wissens- und Technologietransfer in das Anwendungsfeld Luftfahrt.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Projekte zum Thema Thermal Control gegeben:

### Eko-Lack

Erprobung energieeffizienter Konzepte und Technologien für lackbasierte Heizsysteme in Elektrofahrzeugen

**Projektbeteiligte:** academia nova GmbH, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, qPunkt GmbH, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2012–2014

**Förderung:** IV2Splus

### Heli Comfort

Entwicklung einer Heizlack-Beschichtung für eine energieeffiziente Beheizung von Cockpit und Kabine

**Projektbeteiligte:** AIT Austrian Institute of Technology GmbH, CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächen GmbH, H4Aerospace Ltd., LKR

Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2014–2016

**Förderung:** Clean Sky

### b-PCM

Stabilisierung der Temperaturschwankungen von temperaturempfindlichen Batteriezellen durch Integration von Latentwärmespeichermedien (PCM) und eines Batterieheizsystems direkt im Batteriegehäuse

**Projektbeteiligte:** AIT Austrian Institute of Technology GmbH, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, qPunkt GmbH, Villinger GmbH

**Projektlaufzeit:** 2015–2017

**Förderung:** Energieforschungsprogramm

### eMPROVE

Energieeffizienzsteigerung von E-Fahrzeugen, u.a. durch den Einsatz von Infrarot-Heizfolien in Innenraum, Getriebe und Batteriemodulen

**Projektbeteiligte:** 4a manufacturing GmbH, advanced thermal technologies GmbH, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, AVL List GmbH, IESTA Institut für Innovative Energie- und Stoffaustauschsysteme, LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH, MAGNA STEYR Battery Systems GmbH & Co OG, Montanuniversität Leoben, REDUX Recycling GmbH, Saubermacher Dienstleistungs AG, VIRTUAL VEHICLE Research Center, Zörkler Gears GmbH & Co KG

**Projektlaufzeit:** 2015–2018

**Förderung:** Leuchttürme eMobilität

### Marine Anti-Icing

Entwicklung eines Infrarot-Heizsystems zur eisfreien Funktionsunterstützung für das Lukensystem in einer Marine-Anwendung für Regionen in Erdpolnähe

**Projektbeteiligte:** ATT advanced thermal technologies GmbH, ein Rüstungsbetrieb

**Projektlaufzeit:** 2016–2018

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

## Test Infrastructure

Die Verfügbarkeit von maßgeschneiderter Testinfrastruktur für die Ver- und Enteignungsforschung leistete in den letzten Jahren einen wichtigen Beitrag zum Aufbau der österreichischen Kompetenzen im Bereich der Ver- und Enteignung. Durch die stetige Verbesserung und Weiterentwicklung der vorhandenen Testinfrastruktur sowie von Technologien für den Einsatz in Verweisungswindkanälen soll auch in Zukunft eine ideale Umgebung für nationale und internationale Forschungs- & Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich gewährleistet werden.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Projekte zum Thema Test Infrastructure gegeben:

### Icing Rig

Start der ersten Icing Tests mit dem Prototypen für die neue Enteignungstestanlage unter Beobachtung von EASA gemeinsam mit Agusta Westland, 2012  
Eröffnung des Icing Rig im Zuge des ersten Zertifizierungstests, 2014

**Projektbeteiligte:** RTA Rail Tec Arsenal

Fahrzeugversuchsanlage GmbH

**Projektlaufzeit:** 2012-2014

**Förderung:** Finanzamt Wien, für getätigte Investition

### I-Tests – Aviation Icing Tests

Vollständige Kalibrierung des Icing Wind Tunnels für Groß-Hubschrauber (CS-29 Appendix C gemäß SAE ARP5905)

**Projektbeteiligte:** RTA Rail Tec Arsenal

Fahrzeugversuchsanlage GmbH

**Projektlaufzeit:** 2014-2015

**Förderung:** Basisprogramm

### I-Tests II – Aviation Icing Tests II

Erweiterung des Icing Wind Tunnel Portfolios für Tests mit Eisregen und gefrierendem Nebel

**Projektbeteiligte:** RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH

**Projektlaufzeit:** 2015-2016

**Förderung:** Basisprogramm

### Aircraft-icing 4.0

Hochgenaue 3D-Dokumentation von Eisstrukturen und 3D-Druck flexibler Eisfolien für Flugversuche und Windkanaltests

**Projektbeteiligte:** Österreichischen Institut für Vereisungswissenschaften (AIIS)

**Projektlaufzeit:** 2016-2017

**Förderung:** keine öffentliche Förderung

Nominiert für den Staatspreis Mobilität 2017

### AquaSense

Erforschen eines Verfahrens für die simultane Detektion von Aggregatzustand und Konzentration von Wasser in strömenden Medien für die Anwendung in Vereisungswindkanälen

**Projektbeteiligte:** AVL List GmbH, FH JOANNEUM GmbH, RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH

**Projektlaufzeit:** 2015-2018

**Förderung:** Take Off

### Small-Scale Icing Tests

Effiziente Testeinrichtung für die grundlegende Untersuchung von Systemen unter realen Vereisungsbedingungen.

**Projektbeteiligte:** FH JOANNEUM GmbH

**Projektlaufzeit:** 2010-2018

**Förderung:** keine öffentliche Förderung



Abbildung 2: Der IWT in Wien erlaubt Vereisungstests bis zu einer Geschwindigkeit von knapp 300 km/h bei einem Vereisungsquerschnitt von 8,75 m<sup>2</sup>, Quelle: Rail Tec Arsenal

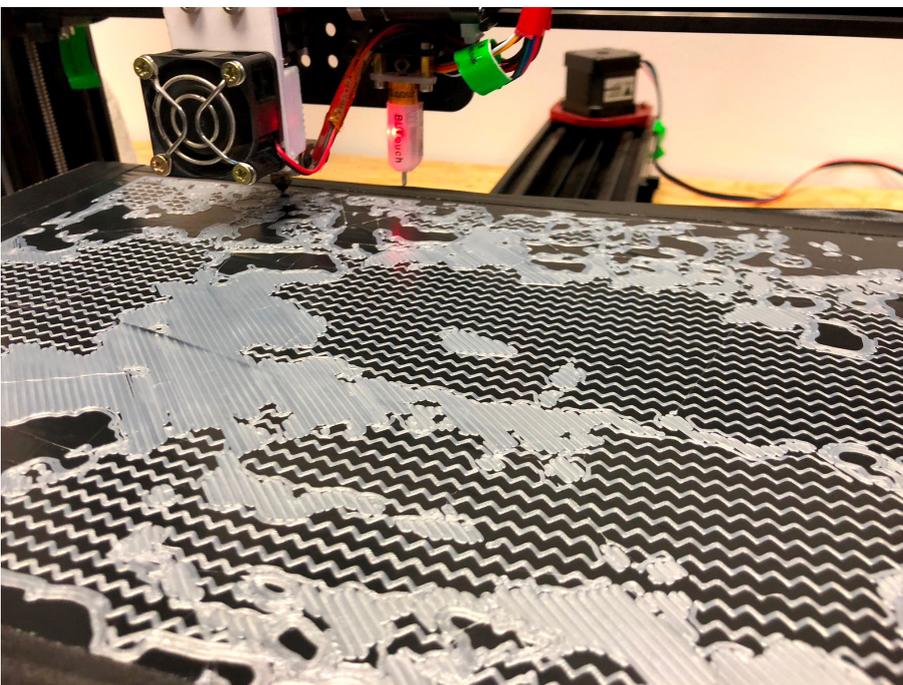


Abbildung 3: 3D-Druck Eisfolie, Quelle: AHS



**Hinweis:**

Mehr Informationen zu den Projekten unter [www.open4aviation.at](http://www.open4aviation.at), <https://projekte.ffg.at> sowie <https://cordis.europa.eu>

## 2. Kompetenzen und Lücken: eine Umfeldanalyse auf europäischer und internationaler Ebene

Auf europäischer Ebene sind umfangreiche Kompetenzen auf dem Gebiet der Ver- und Enteigung für die Luftfahrt vorhanden. Diese verteilen sich auf Fluggeräte- und Komponentenhersteller, Dienstleister sowie Forschungseinrichtungen. Die bodenseitigen und fluggerätseitigen Enteigungstechnologien erhöhen die Flugsicherheit in Vereisungsbedingungen und dienen der Sicherstellung der Operabilität der Fluggeräte in widrigsten Wetterbedingungen. Dabei werden bodenseitig und fluggerätseitig spezialisierte Technologien passend zum Fluggerät angewandt, um den Eisaufbau an der Struktur zu verhindern bzw. zu entfernen. Gleichzeitig kann eine Reihe von Lücken identifiziert werden, die sich insbesondere auf das Angebot der europäischen Key Icing Facility-Landschaft konzentriert.

### 2.1. Ground De-Icing

Bei den bodenseitigen Enteigungstechnologien werden derzeit hauptsächlich Enteigungstrucks mit Sprühkanonen zur Aufbringung von Enteigungsflüssigkeit genutzt. Kompetenzen für die Anwendung dieser Technologie liegen bei Flughafenservicegesellschaften.

Die verwendeten Enteigungsflüssigkeiten werden vor dem Start eines Fluggerätes aufgebracht und unterscheiden sich je nach Wetterlage und Fluggerät. Die notwendige Infrastruktur für große Passagierflugzeuge ist auf Großflughäfen komplett vorhanden, aber auf kleineren Flughäfen, auf denen Kleinflugzeuge oder Helikopter betrieben werden, oft nicht ausreichend.

Traditionelle Enteigungsvorgänge kosten außerdem Zeit und Geld. Auf Flughäfen kommt es bedingt durch winterliche Schneefallbedingungen regelmäßig zu Verspätungen und Ausfällen von Flügen. Bodenseitige innovative Enteigungsmaßnahmen, wie etwa thermoelektrische Enteigungssysteme, die eine im Sinne von Zeit, Kosten und Detektion effiziente Enteigung ermöglichen, stellen einen Wettbewerbsvorteil für Fluggesellschaften und Flughafenbetreiber dar, die Zugriff darauf haben. Durch effizientere Systeme ließen sich negative ökonomische Effekte auf Fluggesellschaften und Flughafenbetreiber minimieren und ein ökologischerer Betrieb herstellen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Aspekte der Entsorgung der Betriebsmittel und des Umweltschutzes nicht zu vernachlässigen.

### 2.2. In-Flight Icing

Flugzeugseitig werden bei Turbinenflugzeugen häufig Anti-Icing Systeme, die mit Triebwerkszapfluft betrieben werden, zur Enteigung der Tragflächen, sowie elektrische Heizer zur Sensorenteigung angewandt. Im Vergleich zu Turbinenflugzeugen werden Turbopropflugzeuge meist mit pneumatischen Boots ausgestattet, um den Energiebedarf der Systeme an die Leistungsfähigkeit der Triebwerke anzupassen. Bei Kleinflugzeugen kommen in der Regel sogenannte TKS-Systeme zum Einsatz. Hubschrauber sind im Wesentlichen am Rotor und den Lufterläufen von Vereisung betroffen. Hier wird von einer Vielzahl verschiedener Technologien Gebrauch gemacht.

Eine Komponente haben alle diese Systeme gemeinsam: sie müssen in der Entwurfsphase des Fluggerätes berücksichtigt werden und bedürfen einer Test- und/oder Simulationsphase, sowie deren Validierung am Fluggerät bzw. im Icing Wind Tunnel.

Somit bekommen numerische und analytische Werkzeuge, die die beliebige aerodynamische Form eines Fluggerätes und deren Betriebsparameter variabel einsetzen können, eine zentrale Bedeutung. Mit Hilfe dieser Tools können Analysen der jeweiligen lokalen Bedingungen für kritische Betriebszustände simuliert und Eisschutzsysteme bedarfsgerecht auslegt werden. Zusätzlich zu Tests im Icing Wind Tunnel, machen auch rechnergestützte Modelle, die den Eisansatz hinreichend genau darstellen können, einen immer größeren Anteil in der Nachweisführung zur Zulassung aus.

Die Validierung dieser Simulationstools ist unerlässlich, um reelle bis konservative Analysen zu generieren, die auch auf extreme Vereisungsbedingungen extrapoliert werden können. Für die Validierung werden instrumentierte Flugversuche in realen Vereisungsbedingungen sowie experimentelle Tests im Icing Wind Tunnel oder in von Ice Tankern erzeugten Vereisungsbedingungen im Flugversuch genutzt.

Wesentliche Kompetenzen der fluggerätseitigen bzw. triebwerkseitigen Enteignungstechnologien sind bei den europäischen Fluggeräte- und Triebwerkherstellern vorhanden.

### 2.3. Ice Tanker

Eine Lücke in der europäischen Key Facility-Landschaft ist bei Ice Tankern festzustellen. Derzeit gibt es in Europa keinen „großen“ Eistanker, der in der Lage wäre, den Rotor eines Hubschraubers oder einen größeren Bereich am Flugzeug zu vereisen. Damit diese Methode der Vereisung am Flugzeug dargestellt werden kann, muss entweder auf Ice Tanker in den USA zurückgegriffen werden oder es müssen mit sehr kleinen Sprührechen lokale Flächen vereist werden.

### 2.4. Triebwerksvereisung

Flying Test Beds, in denen Triebwerke Vereisungsbedingungen ausgesetzt werden können, stellen eine weitere Lücke auf europäischer Ebene dar. Dieses Verfahren wird genutzt, wenn Triebwerke nicht am eigentlichen Flugzeug unter realen Vereisungsbedingungen getestet werden. Eine Alternative, um diese Lücke zu schließen, könnte ein bodenbasierter Triebwerksteststand sein, der Vereisungsbedingungen für CS-E, CS-25 Appendix C, Appendix O SLD und Appendix P Mixed Phase und Ice Crystal Bedingungen erzeugen kann.

Gleichermaßen ist eine Lücke bei Rotorprüfständen, die unter den relevanten Vereisungsbedingungen testen können, festzustellen. Ein solcher Rotorprüfstand könnte ebenfalls einen Zugewinn für die Vereisungstestmöglichkeiten in Europa darstellen.

### 2.5. Air Data Probe Ice Protection

Icing Wind Tunnels, die die Erfordernisse für die Qualifikation von Air Data Probes unter Ice Crystal Bedingungen abbilden können, sind international nur vereinzelt vorhanden. Diese Erfordernisse wurden in den letzten Jahren durch die EASA Special Condition "Air

Data Probes Qualification in Ice Forming Conditions" noch zusätzlich erweitert, um die Qualifizierung den meteorologischen Bedingungen, in denen moderne Flugzeuge in großen Flughöhen operieren, anzupassen.

## 2.6. Experimentelle und numerische Simulation

Das Thema der numerischen und experimentellen Simulation ist von großer Bedeutung in der Enteisungstechnologie. Die experimentelle Simulation erlaubt ein effizientes Erforschen von Eisansätzen bei beliebigen Betriebsbedingungen. Des Weiteren kann die experimentelle Simulation zum Funktionsnachweis von Enteisungstechnologien genutzt werden.

Die experimentelle Simulation dient auch der Validierung numerischer Simulationsmodelle.

Beide Simulationsarten stellen eine Schlüsseltechnologie dar, da sie sowohl zur Forschung und Entwicklung, als auch zum Funktionsnachweis unter den jeweiligen Betriebsbedingungen im Einsatz am Fluggerät notwendig sind

Lücken bei der experimentellen und numerischen Simulation zeigen sich in der Simulation von SLD-, sowie Ice Crystal- und Schneebedingungen.

Eine Key Icing Facility, die die Möglichkeit bietet, alle relevanten Vereisungsbedingungen, inklusive SLD und Ice Crystal Bedingungen darzustellen, würde einen wichtigen Zugewinn für die europäische Key-Facility-Landschaft darstellen und einen bedeutenden Beitrag zur Umsetzung von benötigter experimenteller Simulation für die Luftfahrtindustrie leisten. Der Betrieb einer solchen Key Facility könnte eine vielfältige Nutzung, beispielsweise für Forschung und Lehre, ermöglichen. Da Enteisungstechnologien einer kontinuierlichen Entwicklung unterliegen, würde man zudem für Verifikationen innovativer Enteisungskonzepte von einer solchen Einrichtung profitieren.

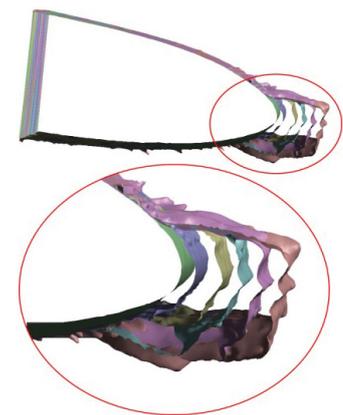


Abbildung 4: Experimenteller Vereisungsvorgang mit 4D-Scantechnologie zeitaufgelöst dokumentiert, Quelle: FH JOANNEUM

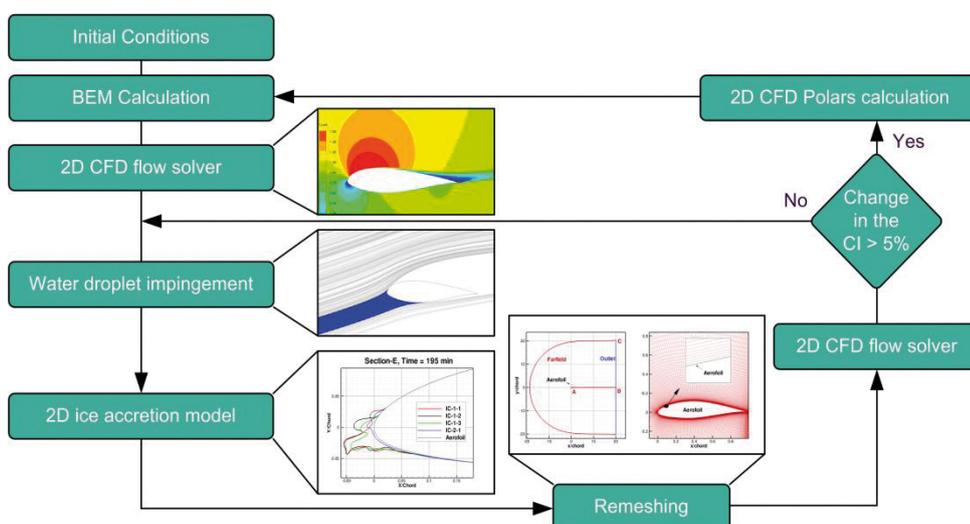


Abbildung 5: Simulationsworkflow zur Bewertung des Leistungsverhaltens von Rotoren unter Vereisungsbedingungen, Quelle: AIT

## 2.7. Ice Sensing

Im Bereich Ice Sensing besteht ein Bedarf an Sensoren, die bestimmte Vereisungsbedingungen, wie z.B. SLD und Ice Crystal Bedingungen, sowie die Dicke der bereits angelagerten Eisschicht über dem Sensor erkennen können. Derartige Sensoren dienen dazu, sicherzustellen, dass ein Flugzeug im zugelassenen Bereich betrieben wird und tragen damit zur Flugsicherheit bei.

Wie bereits unter 2.6 erwähnt, gewinnen SLD und Ice Crystal Bedingungen zunehmend an Bedeutung für zulassungsrelevante Betrachtungen. Derzeit existiert jedoch keine spezifische Sensorik, die solche atmosphärischen Bedingungen zuverlässig erkennt und im Flugzeug verbaut ist.

## 2.8. Heizsysteme und funktionelle Beschichtungen

Potentiale zur Verwertung von Heizsystemen und funktionellen Beschichtungen sind vielfältig und sowohl in der Thermalkontrolle und Komfortanwendung als auch in der Enteisung anzusiedeln.

Aktive und passive funktionelle Beschichtungen stellen eine Innovation in der Enteigungstechnologie dar. Diese lassen sich unsichtbar integrieren und können die aerodynamische Effizienz im Vergleich zu herkömmlichen Technologien verbessern.

Bereits erfolgreich ins Fluggerät integriert wurden beispielsweise elektrisch heizbare Beschichtungen, die eine bessere aerodynamische Performance als herkömmliche Heizmatten, bei gleichzeitig gutem Eis- und Erosionsschutz, zeigen.

## 2.9. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann insgesamt die Tendenz zur Effizienzsteigerung festgestellt werden. Die Effizienzsteigerung bezieht sich dabei einerseits auf den Energieverbrauch, durch den Einsatz von smarter Leistungselektronik und der dazugehörigen Sensorik, und andererseits auf alternative passive Enteigungstechnologien. Diese Technologien sollen den Einsatz von Enteisung, dort wo sie gebraucht wird, ermöglichen, um aerodynamische Eigenschaften sicherzustellen. Leichte Hubschrauber, kleinere UAVs und Kleinflugzeuge haben oft nur begrenzte Energieversorgungsmöglichkeiten, sowie begrenzte Nutzlast. Der optimierte Einsatz von benötigter Energie, angepasst an die Umweltbedingungen, kann zu signifikanten Betriebskosteneinsparungen bei großen Fluggeräten führen und kleineren Fluggeräten die Operation in Vereisungsbedingungen überhaupt erst ermöglichen.

Außerdem zeigt sich auf europäischer Ebene, wie bereits einleitend erwähnt, eine Reihe von Lücken in der Key Icing Facility-Landschaft. Der Ausbau von Testinfrastruktur, in der die Abbildung relevanter Vereisungsbedingungen möglich ist, könnte damit nicht nur einen entscheidenden Vorteil im europäischen, sondern auch globalen Forschungs-, Innovations- und Technologiewettbewerb bedeuten.

### 3. Drei Zielsetzungen – eine gemeinsame Vision 2030+

Zielgerichtete Investitionen in Forschung und Entwicklung tragen zusammen mit einer effektiven Umsetzung und Verwertung von Forschungsergebnissen zu echten Innovationen bei. Die vorliegende Strategie mit ihren kurz-, mittel- und langfristigen Zielen soll die Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Entwicklung von innovativen Produkten im Themenschwerpunkt Ver- und Enteigung schaffen. Dabei sollen universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Betreiber von Forschungsinfrastrukturen sowie Fluggeräte- und Komponentenhersteller gezielt eingebunden werden, um das volle Potenzial auszuschöpfen, Entwicklungen bis zur Marktreife voranzutreiben und schließlich in ein Fluggerät als Systemlieferant zu integrieren.

Das bmvit und Stakeholder der österreichischen Icing-Community formulieren im Rahmen dieser Strategie eine gemeinsame Vision:

**2030+ beziehen Fluggerätehersteller innovative Produkte und Dienstleistungen für Ver- und Enteigung komplett aus Österreich**

Um diese Vision zu erreichen, setzen sich das bmvit und die Stakeholder der österreichischen Icing-Community drei ambitionierte Ziele:

# 1

#### **Kurzfristig:**

**Bündelung nationaler F&E-Kompetenzen, um die internationale Sichtbarkeit zu erhöhen sowie die Generierung und Konsolidierung von Fachwissen sicherzustellen**

Durch effektive Zusammenarbeit zwischen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Betreibern von Forschungsinfrastrukturen sowie Fluggeräte- und Komponentenherstellern soll das Potential aller Akteure optimal ausgeschöpft werden und ein Kompetenzausbau erreicht werden. Es gilt dabei, Redundanzen in Forschung und Entwicklung zu minimieren sowie Konkurrenzsituationen zu vermeiden. Partnerschaften innerhalb der Europäischen Union und darüber hinaus sollen zur Erhöhung der internationalen Sichtbarkeit beitragen.

# 2

#### **Mittelfristig:**

**Aufbau einer Key Icing Facility, um Lücken im Bereich Testing in Europa zu schließen**

Der Ausbau einer leistungsfähigen Forschungsinfrastruktur, die auch ein bedarfsgerechtes Serviceportfolio umfasst, ist eine wesentliche Säule der Enteigungsstrategie und orientiert sich an den zu schließenden Lücken in der Key Facility-Landschaft. Dies schließt Forschungsanlagen zur experimentellen Simulation und die damit verbundene Messtechnik, sowie Flugerprobungsträger und Validierungsaufbauten ein, die dem Experimentieren sowie dem Validieren von Systemkonzepten und Softwaretools unter realen Bedingungen dienen.

# 3

#### **Langfristig:**

**Österreich bietet Enteigungslösungen von Forschung über Testing bis hin zu marktfähigen Systemen an**

Die anwendungsbezogenen Forschungsvorhaben sollen auf verwertbare technische Lösungen ausgerichtet sein und in marktfähige Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden, die sich an Markterfordernissen orientieren. Österreich wird in der Lage sein, Systemlösungen gesamthaft anzubieten. Grundlagenforschung sichert die Basis für zukünftige Innovationen. Unter Einbindung von Forschung & Lehre wird eine kontinuierliche Ausbildung des Nachwuchses und ein signifikanter Beitrag in der Wertschöpfungskette in Österreichs Luftfahrtindustrie sichergestellt.

## 4. Der Maßnahmenkatalog

Zur Umsetzung der kurz-, mittel- und langfristigen Zielsetzungen und zur Stärkung der österreichischen Icing-Community und Erreichung von Systemfähigkeit in der strategischen Nische Enteignung wurden in Abstimmung mit der österreichischen Icing-Community folgende Maßnahmen definiert:

Maßnahme	Beschreibung	Zeithorizont
Etablierung eines eigenen Themenschwerpunkts im Rahmen von Take Off	Entwicklung und Demonstration von innovativen Technologien und Funktionsprinzipien mit dem Ziel der Erlangung von Patenten und Erstellung von Demonstratoren unter Einbindung von Forschung und Lehre  Berücksichtigung von Synergien, die durch Überschneidungen mit anderen Technologien, wie z.B. Windkraftrotoren, entstehen	kurzfristig
Ausschreibung und Umsetzung eines Leitprojekts im Rahmen von Take Off	Nationale Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen, der Luftfahrt(zuliefer)industrie und Fluggeräteherstellern oder Entwicklungsbetrieben in einem Forschungsverbund sind anzustreben.	kurzfristig
Teilnahme an Ausschreibungen des Europäischen Forschungsrahmenprogramms	Aktive Beteiligung der nationalen Community in kooperativen Forschungsvorhaben mit europäischen Partnern, um die strategische Einbettung im europäischen F&E-Umfeld voranzutreiben	kurz-, mittel- und langfristig
Mitgestaltung in strategisch relevanten Gremien bzw. Intensivierung der Kooperation mit der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA)	Vertretung österreichischer Interessen in internationalen Gremien, z.B. Technologieplattformen auf EU-Ebene, Standardisierungsgremien  Erlangung von Design Organisation Approvals (DOA's) der Zulassungsbehörde EASA für den Nachweis zulassungsrelevanter Kompetenz	kurz-, mittel- und langfristig
Etablierung einer Fachkonferenz in Österreich	Vernetzung der nationalen mit europäischen und internationalen Luftfahrtakteuren, um Kooperationen anzubahnen und die Sichtbarkeit auf internationaler Ebene zu erhöhen sowie Technologien mit hohem Reifegrad der Systemintegration zuzuführen	kurzfristig
Aufbau einer nationalen Icing-Plattform	Periodisches Einberufen eines nationalen Gremiums zum Informationsaustausch sowie zur Begleitung der Strategieumsetzung	kurzfristig
Erweiterung des nationalen Kompetenz-Portfolios auf dem Gebiet der Simulation	Erschließung von Lücken in den Bereichen der experimentellen und numerischen Simulation etwa durch Abbildung der Themen Schnee, SLD und Ice Crystal in einer Key Facility oder durch Simulationstools  Einsatz innovativer Technologien, wie etwa 3D- bzw. 4D-Scan von Eisstrukturen zur Erzeugung digitalisierter Datenbanken, die der Simulationstool-Validierung, sowie deren Anwendung dienen	mittelfristig

## Mitwirkende Stakeholder

Christian Breitwieser  
Rembrandtin Lack

Otto Bucek  
RTA Rail Tec Arsenal

Hermann Ferschtz  
RTA Rail Tec Arsenal

Manuel Gerstenbrand  
AIIS

Norica-Carmen Godja  
CEST

Rudolf Gradinger  
LKR

Wolfgang Hassler  
FH JOANNEUM

Erich Kny  
Kemyk

Christian Kussmann  
ATT

Helmut Kühnelt  
AIT

Michael Moser  
eologix

Michael Nöst  
IESTA

Gerhard Paar  
JOANNEUM RESEARCH

Reinhard Puffing  
FH JOANNEUM/AIIS

Lidija Rafailovic  
CEST

Georg Scharrer  
ATT

Thomas Schlegl  
eologix

Michael Schüller  
Diamond Aircraft

Hannes Steiner  
AAC

Andreas Tramposch  
AIIS

Markus Villinger  
Villinger

Carmen Ioana Vladu  
CEST

Michael Wannemacher  
RTA Rail Tec Arsenal

Alessandro Zanon  
AIT



---

## Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien  
[www.bmvit.gv.at](http://www.bmvit.gv.at)  
[infothek.bmvit.gv.at](mailto:infothek.bmvit.gv.at)

Für den Inhalt verantwortlich  
Abteilung III/14 – Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Mag.<sup>a</sup> Evelinde Grassegger (bmvit)  
DI<sup>in</sup> (FH) Ingrid Kernstock, MA (bmvit)  
DI<sup>in</sup> Theresa Bauer, BSc (bmvit)

Autorin/Autor  
DI<sup>in</sup> Theresa Bauer, BSc (bmvit)  
DI (FH) Thorwald Buck

Redaktionelle Betreuung  
DI<sup>in</sup> (FH) Ingrid Kernstock, MA (bmvit)

Organisatorische Unterstützung  
DI<sup>in</sup> (FH) Vera Eichberger (FFG)  
Daniel Jokovic, MSc (FFG)  
Sabine Kremnitzer, MSc, MA (FFG)

Illustration, Layout und Design  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien  
Abteilung I/Präsidium 2 – Information, Dokumentation, Protokoll  
Mag.<sup>a</sup> Petra Grasel (bmvit)  
Andrea Loreth (bmvit)

Fotos  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH, FH JOANNEUM,  
RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH,  
Österreichisches Institut für Vereisungswissenschaften in der Luftfahrt (AIIS)

Druck  
Offset 5020, Siezenheim, April 2018