

Dokumenteigenschaften

Titel	Normungsprojekte im DLR
Betreff	Normungsstrategie
Institut	QP-NPQ
Erstellt von	Jörg Wassermann
Beteiligte	IuE im DLR
Geprüft von	Guido Joormann
Freigabe von	Stephan Bonk
Datum	13. Juni 2018
Version	1.0
Dateipfad	

Inhaltsverzeichnis

Dokumenteigenschaften	2
1. Vorwort	5
2. INS und TNS in Zahlen.....	6
2.1. Beteiligung	6
2.2. Verteilung nach Forschungsfeldern	6
3. Normungsprojekte	7
3.1. Risiko-kontrollierte Anwendung von Innovation & technologischem Fortschritt – Standardisierte Entscheidungshilfe zur Reifegradbewertung im Produkt-Lebenszyklus – Machbarkeitsstudie	7
3.2. Verlässlichkeit von Verkehrslagedarstellungen	8
3.3. Windkanalversuche für EN 14067-6 über die Bewertung von Seitenwindeinflüssen auf Schienenfahrzeuge	9
3.4. Vibrationstestung mit Methoden der limitierten Kraftbegrenzung (Force Limited Vibration Testing, „FLVT“)	10
3.5. Leichtbau von Schienenfahrzeugen	11
3.6. Qualifizierung von optischen Komponenten für konzentrierende Solartechnik	12
3.7. Up- und Downlink-Datenstrukturen im Raumfahrtbereich	13
3.8. Studie: Identifizierung des zukünftigen Standardisierungs- und Forschungsbedarfs für das Pan-Europäische S-Band MSS-System	14
3.9. Digitale Sprachkommunikation/Voice-Datenstrukturen – Erweiterung der digitalen Sprachkommunikationen für Bodensegmente bemannter und unbemannter Raumfahrt	15
3.10. Optische Kommunikationstechnologien für Datendownlinks von niedrigfliegenden Erderkundungssatelliten	17
3.11. Vermessung und Bewertung der Oberflächenform von Spiegelementen für konzentrierende Solartechnik	18
3.12. Standardisierung von messtechnischen Anforderungen an die Durchführung von Laborexperimenten, die unter Simulation von extraterrestrischer Atmosphäre erfolgen	19
3.13. Qualifizierung von Laseroptiken in der Raumfahrt	21
3.14. Erstellung der Spezifikation Broadband Satellite Multimedia SI-SAP als externe Schnittstelle	22
3.15. STEP – Standardisierung der Ertragsprognose für Solarthermische Kraftwerke	24
3.16. Verbesserung des Stands der Technik von Reflexions-Messinstrumenten zur Qualifizierung von Solarspiegeln	25

3.17. Energieeffizienz und Leichtbau mit Faserkeramiken durch zuverlässige Kennwertermittlung für die konstruktive Auslegung	26
3.18. Studie über den zukünftigen Standardisierungsbedarf von Fügetechniken bei Schienenfahrzeugen	28
3.19. Bestimmung des Faservolumengehaltes (FVG) von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen mittels Veraschung unter Schutzgasatmosphäre	29
3.20. Fehlersicherungs-codes für Near-Earth und Deep-Space Datenlinks	30
3.21. Standardisierung eines erweiterbaren Modells für Provenance-Daten	31
3.22. Spezifikation einer Schnittstelle für den Datenaustausch im Flugzeugvorentwurf (SPECPACS)	33
3.23. Standardisierung von Rotating Shadowband Irradiometern (RSI)	34
3.24. Standardisierung von Performancemessungen an solarthermischen Kollektorfeldern im Kraftwerksbereich	35
3.25. CCSDS-Standardisierung Optischer Low-Earth-Orbit-Datendownlinks mit Direktempfang	36
3.26. Störungsindex Ionosphäre	38

1. Vorwort

In den Jahren 2006 bzw. 2009 wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) die Förderprogramme „Innovation mit Normen und Standards (INS)“ und "Transfer von FuE-Ergebnissen durch Normung und Standardisierung (TNS) "ins Leben gerufen.

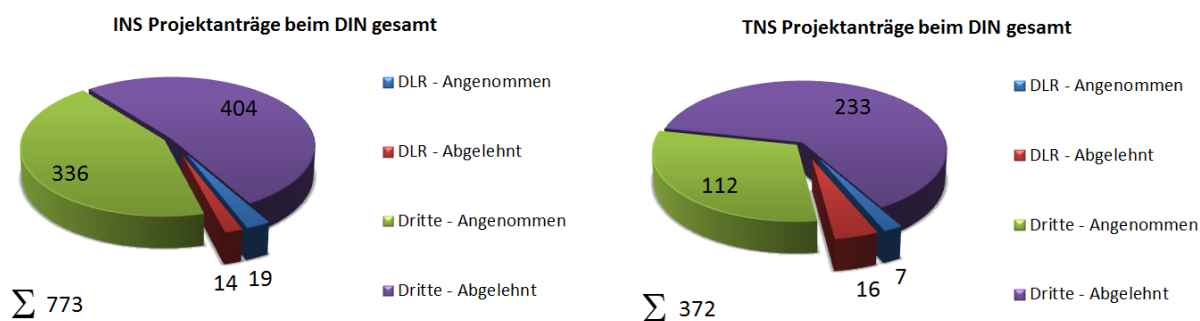
Die im Rahmen von INS durchgeführten Projekte leisten einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der Position deutscher Unternehmen im weltweiten Wettbewerb. Im Falle von TNS sollen durch die verstärkte Nutzung von Normung und Standardisierung Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in marktgerechte Produkte oder Dienstleistungen überführt werden. Das BMWi hat beide Programme beendet, und dafür „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“ gestartet.

Als Mitglied im DIN und Wegbereiter vieler wichtiger nationaler und internationaler Normen verfolgt das DLR seit vielen Jahren die forschungs- und entwicklungsbegleitende Normung (FEBN), die die Standardisierung im frühen Stadium der Forschung zum Ziel hat. Das DLR hat sich mit einer Vielzahl interessanter Projekte erfolgreich an den Förderprogrammen INS und TNS beteiligt. Insgesamt 26 Projekte haben eine Förderung erhalten (Gesamtsumme INS: 893.900 €, TNS: 705.000 €). Das vorliegende Dokument gibt einen Einblick in die Forschungsinhalte, die von den beteiligten Instituten und Einrichtungen in einer Zusammenfassung beschrieben sind.

2. INS und TNS in Zahlen

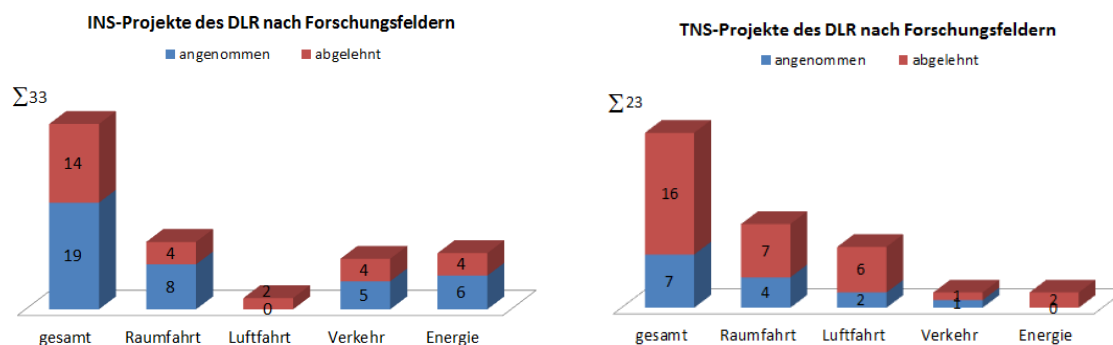
2.1. Beteiligung

Die folgenden Graphiken zeigen die angenommenen bzw. abgelehnten Projekte der beiden Programme und ihre Erfolgsquoten: INS = 57,6 %, TNS = 30,4 %. Die Angaben gelten für den jeweiligen Gesamtförderzeitraum INS 10 Jahre bzw. TNS 7 Jahre.



2.2. Verteilung nach Forschungsfeldern

Trägt man die DLR-Projekte getrennt nach den Forschungsfeldern auf, so erhält man ein mehr oder weniger ausgeglichenes Bild bei beiden Programmen. Ein möglicher Einfluss auf die Auswahl der Projekte durch das DIN und damit auch auf die unten gezeigte Verteilung, ist unter anderem bei der Priorisierung bestimmter Themen durch die Politik zu suchen.



3. Normungsprojekte

3.1. Risiko-kontrollierte Anwendung von Innovation & technologischem Fortschritt – Standardisierte Entscheidungshilfe zur Reifegradbewertung im Produkt-Lebenszyklus – Machbarkeitsstudie

Unter den Rahmenbedingungen der Technologie-Reifegrad-Bewertungsstruktur (TRL) der NASA wurden in dem Projekt Inhalte für einen Normentwurf erarbeitet, der ein einheitliches, in allen Projektphasen anwendbares und vollständiges, d.h. für alle TRL und Projektabschnitte gültiges Bewertungsverfahren für die Entwicklungsreife einer Technologie festlegt. Im TRL-Bewertungsverfahren wurde im Projektablauf ein Gesamtprozess („TRL Evaluation Process“) definiert, welcher die Methoden zur TRL-Bestimmung („TRL Identification Method“) und zur Integrations-Reifegrad-Bestimmung („TRL Identification Method“) einsetzt. Das Ergebnis ist eine auf der Projektzeitachse vorzunehmende TRL-/IRL-Einstufung der zu bewertenden Technologie, die eine Aussage über die Einsatzfähigkeit sowie der Integrationsfähigkeit der Technologie anhand von Projektanforderungen ermöglicht. Die Prozessbeschreibung des Gesamtprozesses und die Beschreibungen der Methoden bilden inhaltlich den Schwerpunkt des zukünftigen Normentwurfs.

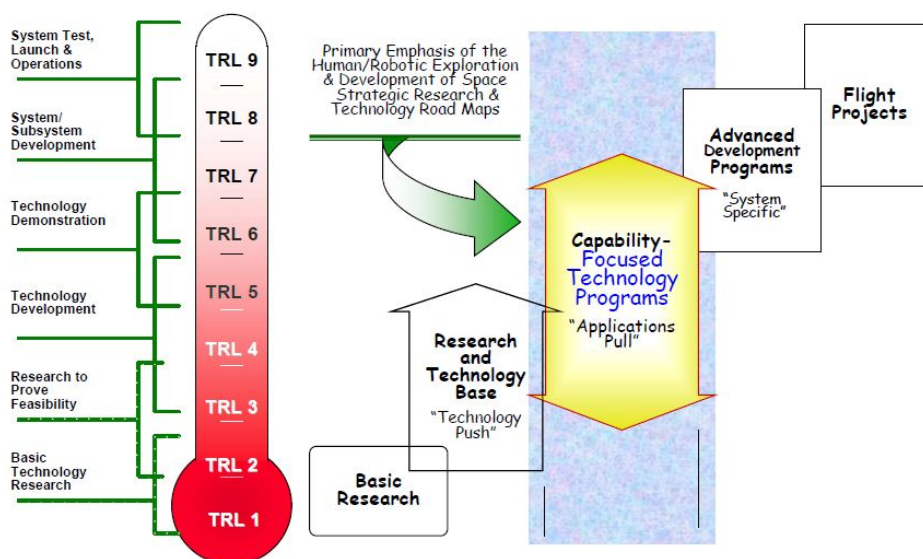


Abb.: TRL-basiertes Technologieentwicklungsprogramm (NASA)

In der Regel sollte der Einsatz einer Technologie erst dann erfolgen, wenn der erforderliche Entwicklungsreifegrad erreicht ist. Das hier beschriebene Bewertungsverfahren ermöglicht eine systematische und gezielte Abschätzung, ob eine Technologie eingesetzt werden kann oder im Projektzeitrahmen bis zum erforderlichen Reifegrad weiterentwickelt werden muss.

Einrichtung Qualitäts- & Produktsicherung, Normung, Produktsicherung & Qualifikation
Laufzeit: 01.01.2007 – 31.12.2008

3.2. Verlässlichkeit von Verkehrslagedarstellungen

Verkehrsmanagement ist eine Aufgabe der allgemeinen Sicherheit. Es geht in erster Linie um die Aufrechterhaltung einer störungsfreien Betriebssicherheit des Verkehrsablaufs und damit um Vermeidung von Unfällen und Personenschäden. Die Erzeugung von Verkehrsinformationen ist diesen Zielen untergeordnet. Die Experten in den Verkehrsrechner- oder auch Verkehrsmanagementzentralen sind daher auf zuverlässige Informationen angewiesen. Unterschiedlichste Verfahrensansätze sowie unterschiedlichste Datengrundlagen bei der Darstellung von Verkehrslagen führen jedoch zu nicht vergleichbaren Qualitäten im dargestellten (Prognose-)Ergebnis. Vor allem neue Verfahren der Verkehrsdatenerfassung (Floating Car Data, Handyortung, luftgestützte Verkehrsdatenerfassung etc.) sind in den gängigen deutschen Regelwerken nicht mehr abgebildet. Darüber hinaus variieren, über den Tag betrachtet, die Anzeigen eines Systems bezüglich ihrer Verlässlichkeit.

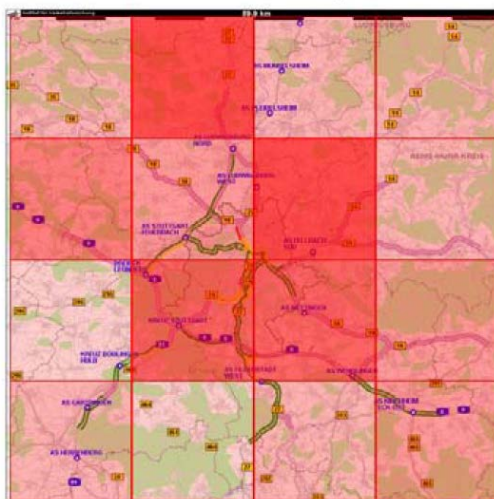


Abb.: Beispiel eines Beobachtungsraumes in einzelne Planquadrate, die Transparenz der Färbung gibt die Verlässlichkeit der Darstellung wieder

Ziel des Projekts war die Entwicklung und technische Umsetzung eines Verfahrens, um Aussagen zum Grad der realitätstreuen Wiedergabe (Verlässlichkeit) von Verkehrslagen zu ermöglichen und begleitend Feststellungen zur Normungsrelevanz des gewählten Ansatzes treffen zu können. Neben der Vorstellung des Verfahrens gegenüber verschiedenen Expertenkreisen wurde im Rahmen des Projekts ein Softwaremodul zur Ermittlung und Visualisierung der räumlichen und zeitlichen Unterschiede der Verlässlichkeit von Verkehrslagedarstellungen entwickelt und implementiert. Für die Berechnung der Verlässlichkeit werden verfügbare Parameter herangezogen, wie z. B. »verkehrliche Bedeutung«, »aktuelle Verkehrslage«, »Datenfusion« und »Sensornetzwerk«. Das Softwaremodul wurde anhand realistischer, historischer Daten getestet und deren Funktionsfähigkeit nachgewiesen. Die Erörterung des weiteren Standardisierungsbedarfs muss im Anschluss an das Projekt fortgesetzt werden.

Institut für Verkehrssystemtechnik
Laufzeit: 01.03.2009 - 31.12.2009

3.3. Windkanalversuche für EN 14067-6 über die Bewertung von Seitenwindeinflüssen auf Schienenfahrzeuge

Das europäische Normungsvorhaben »Anforderungen und Prüfverfahren für die Bewertung von Seitenwind in der Bahn-Aerodynamik« lehnte sich inhaltlich weitgehend an bestehendes deutsches Regelwerk an, wies aber in Bezug auf eine neu eingeführte Bodenkonfiguration noch Lücken hinsichtlich diverser Referenzdaten auf. Im Rahmen des Projekts wurden diverse Windkanalmessungen durchgeführt, um diese Lücken unter Wahrung der deutschen Interessen zu schließen und den raschen Abschluss dieses europäischen Normungsvorhabens zu unterstützen.

Dazu wurden durch Windkanalversuche in drei Deutsch-Niederländischen Windkanälen in Köln, Göttingen und Emmeloord (NL) die aerodynamischen Beiwerte verschiedener Personen- und Güterfahrzeuge für drei verschiedene Bodenkonfigurationen bestimmt. Insbesondere wurden Referenzdaten für den im europäischen Regelwerk als Benchmark-Fahrzeug ausgewiesenen ICE-3-Endwagen gewonnen.



Abb.: ICE-3-Windkanalmodell

Die Planung, Durchführung und Auswertung dieser Messungen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem NA 087-00-05 AA »Aerodynamik und aerodynamische Sondereffekte« im DIN FSF. Die erzielten Ergebnisse wurden durch die Vertreter des DIN FSF in das europäische Normungsgremium CEN/TC 256/WG 6 eingebracht und fanden Eingang in die mittlerweile vorliegende EN 14067-6:2010. Vollständig übernommen in die EN 14067-6:2010 wurden Referenzdaten für die aerodynamischen Beiwerte für das europäische Benchmark-Fahrzeug ICE-3-Endwagen auf der neuen Bodenkonfiguration »Single Track Ballast & Rail« (STBR), eine Prognosevorschrift für den STBR-Rollmomentenbeiwert von Personenzügen um die leeseitige Schiene und eine Prognosevorschrift für den STBR-Rollmomentenbeiwert von Güterzügen um die leeseitige Schiene.

Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Laufzeit: 26.03.2009 – 31.12.2009

3.4. Vibrationstestung mit Methoden der limitierten Kraftbegrenzung (Force Limited Vibration Testing, „FLVT“)

Im Rahmen dieses INS-Projekts wurde ein Vorschlag für eine ISO-Norm zur Vibrationstestung von Raumfahrthardware mit Methoden der limitierten Kraftbegrenzung (Force Limited Vibration Testing: »FLVT«) erarbeitet. Das Dokument beinhaltet neben der Beschreibung der Problemstellung Lösungsansätze und Berechnungsverfahren, welche für die praktische Bearbeitung innerhalb entsprechender Projekte von Bedeutung sind. Wenn diese Methoden schon in einem sehr frühen Stadium eines Projekts berücksichtigt werden, können bedeutende Optimierungs- und Einsparpotenziale erzielt werden.

Komponenten und Baugruppen von Raumfahrtssystemen sind nicht nur im Weltraum besonderen Anforderungen wie Temperatur und Strahlenbelastung ausgesetzt. Auch während der Transportphase von der Erdoberfläche in den Zielorbit wird das System starken Vibrations- und Stoßbelastungen durch das Trägersystem ausgesetzt. Diese Belastungen werden in Testeinrichtungen simuliert und das System bezüglich seiner Beanspruchbarkeit, insbesondere im Resonanzfall, getestet.

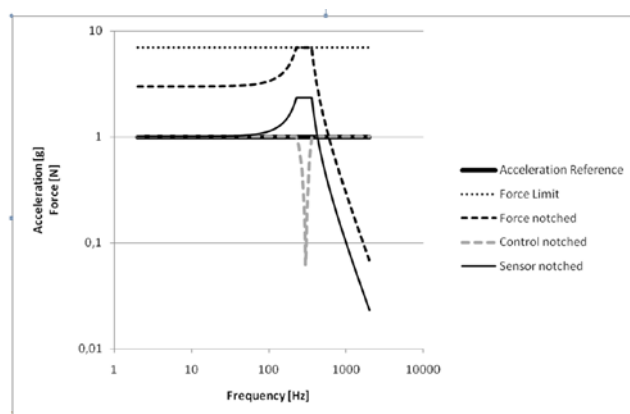


Abb.: Example FLVT - force limits and acceleration control with notches

Aktuelle Testmethoden berücksichtigen dabei nicht die tatsächlich auftretenden Kräfte, sondern leiten Maximalanforderungen ab, die in der Regel zu erhöhten Qualifikations- bzw. Testanforderungen führen. Das hier angestrebte Verfahren versucht diese Anforderungen durch neue Ansätze zu minimieren, ohne dabei Qualitäts-Abstriche in Kauf nehmen zu müssen. Durch verbesserte Testanforderungen lassen sich Kostensenkungen bei der Raumfahrthardware realisieren. Auf diesem innovativen Gebiet sind kleine und mittelständische Unternehmen aktiv, deren Marktposition, durch das Ziel der Erstellung eines Standards oder einer Norm, wesentlich unterstützt werden kann. Die Anwendung einer solchen Norm betrifft sämtliche in Deutschland oder Europa produzierte Raumfahrthardware.

Einrichtung Qualitäts- & Produktsicherung, Normung, Produktsicherung & Qualifikation
Laufzeit: 15.07.-31.12.2009

3.5. Leichtbau von Schienenfahrzeugen

Ziel des Projekts war es, eine nachhaltige leichtere Bauweise von Schienenfahrzeugen zu ermöglichen. Basierend auf der Darstellung innovativer Konzepte zur Massereduzierung wurde aufgezeigt, welche Szenarien für die Fahrzeugrealisierung und Zulassung möglich sind und welche Änderungen und Ergänzungen in den Normen zur Umsetzung erforderlich werden. Die Ergebnisse dieses Projekts nützen sowohl der Bahnindustrie wie auch den Fahrgästen. Der Betrieb von Bahnstrecken auch mit geringem Verkehrsaufkommen wird wirtschaftlich wieder attraktiv. Die Vorgabe pauschalisierter Längsdruckkräfte auf das Schienenfahrzeug wurde als wesentlicher Punkt identifiziert, der sich negativ auf das Leichtbaupotenzial auswirkt. Mit Hilfe von am DLR entwickelten Abschätzungsmethoden wurde festgestellt, ob ein signifikantes Einsparpotenzial bei der Reduktion der statischen Längsdrücke vorliegt. Auf den Ursprung der pauschalisierten Längsdruckkräfte wurde eingegangen.

Es wurden analytische Berechnungsformeln aus der Literatur vorgestellt, die einen Zusammenhang zwischen dem dynamischen Vorgang des Auflaufstoßes und den dabei auftretenden Längsdruckkräften herstellen. Sicherheitsspezifische Aspekte im Zusammenhang mit den statischen Längsdruckkräften wurden diskutiert und Ansätze zur Gewährleistung einer gleichen Sicherheit von Fahrzeugen mit einer verminderten Längsdruckfestigkeit vorgestellt.

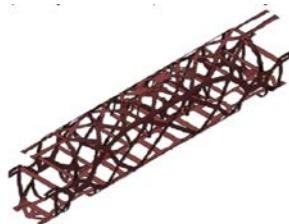


Abb.: Lastflussoptimiertes Strukturgerippe

Abschließend wurden eigene Simulationen an validierten Berechnungsmodellen vorgestellt, um die Sicherheit von Fahrzeugen mit vermindelter Längsdruckfestigkeit bei einer Kollision mit derzeitigen auslegungskonformen Fahrzeugen zu beurteilen. Die Simulation wurde an den Vorgaben der Normen orientiert, mit dem Ziel, diese Vorgaben zu überprüfen. Aus den Ergebnissen wurden Vorschläge zur Überarbeitung der Normen abgeleitet.

Institut für Fahrzeugkonzepte
Laufzeit: 01.01.2010 - 31.12.2011

3.6. Qualifizierung von optischen Komponenten für konzentrierende Solartechnik

Im Bereich der solarthermischen Kraftwerkstechnik werden standardisierte Verfahren zur speziellen Prüfung und Qualifizierung von den für die Bündelung der Sonnenenergie eingesetzten Spiegeln benötigt, um Produkte mit geeigneten Eigenschaften nachhaltig etablieren zu können. Bezüglich des Reflexionsgrades von Kollektor-Spiegelmateriale sind industriell eingesetzte Messverfahren bisher nicht einheitlich und die Ergebnisse somit kaum miteinander vergleichbar. Unterschiede des Reflexionsgrads in der Größenordnung von $\pm 0,5\%$ haben jedoch schon erhebliche Auswirkungen auf den Ertrag eines Solarkraftwerks. Eine genaue Kenntnis des solaren Reflexionsgrades der zum Einsatz kommenden Spiegel ist daher erforderlich.

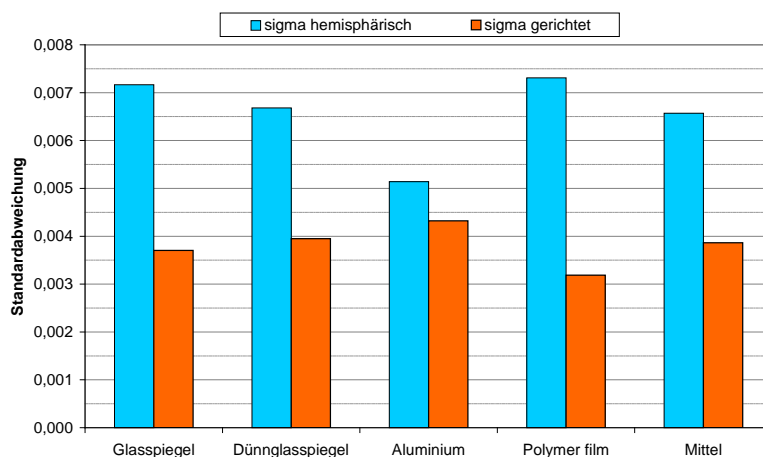


Abb.: Standardabweichungen der Messergebnisse für verschiedene Spiegeltypen

Im Rahmen des Projekts hat das DLR in seiner Abteilung Solarforschung das Verfahren zur Messung der solaren Reflexionseigenschaften von Spiegelmateriale für die Anwendung im Solarkraftwerk nach dem aktuellen Stand der Technik mit kommerziell erhältlichen Messinstrumenten weiterentwickelt, international verglichen und sorgfältig dokumentiert. Die Arbeiten basieren so weit wie möglich auf existierenden Normen und Spezifikationen für Glas, Aluminium, Lichttechnik und Solarenergietechnik. Ein Norm-Entwurf wurde erarbeitet und mit internationalen Fachexperten abgestimmt. Die verbesserten Prozeduren und Referenzstandards führen zu einer erheblich höheren technischen Relevanz und Zuverlässigkeit beim Vergleich von Reflexionsdaten auch unterschiedlicher Materialtypen. Weitere Verbesserungen der verwendeten Geräte und Referenz-Spiegel müssen jedoch künftig noch angestrebt werden.

Alternative Spiegelmaterialien (z. B. verspiegeltes Aluminiumband, spiegelnde Polymerfolie) drängen neben den bisher üblichen Glasspiegeln auf den Markt und bringen mit teilweise deutlich inhomogeneren Reflexionseigenschaften die Instrumente an ihre Grenzen, was die Messgenauigkeit beeinträchtigt. Das im Norm-Entwurf vorgeschlagene Messverfahren schöpft die aktuellen Einsatzmöglichkeiten der Geräte vorläufig aus. Weiterführend sollen die Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten dieses Projekts als Empfehlungen an die Gerätehersteller gehen, um die Weiterentwicklung existierender Messinstrumente zu beschleunigen.

Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01.04.2010 – 31.12.2010

3.7. Up- und Downlink-Datenstrukturen im Raumfahrtbereich

Bislang wurde die Verschlüsselung von Telemetrie- und Kommandodaten auf der Strecke zwischen Satelliten und Bodensegment individuell vom Hersteller des Satelliten implementiert. Mit der im CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems (ISO/TC 20/SC 13)) entwickelten internationalen Normvorlage für die Link-Layer-Verschlüsselung ist eine gemeinsame Basis gefunden worden, Verschlüsselung und Authentifizierung einzuführen. Bei dieser Entwicklung standen die folgenden beiden Anforderungen im Vordergrund:

1. Kompatibilität mit den heute benutzen Methoden der Datenpaketierung und der Kommunikation zwischen Satelliten, Bodenstation und Kontrollzentrum bzw. Nutzerzentrum und
2. die Benutzung beliebiger Algorithmen zur Verschlüsselung und Authentisierung.

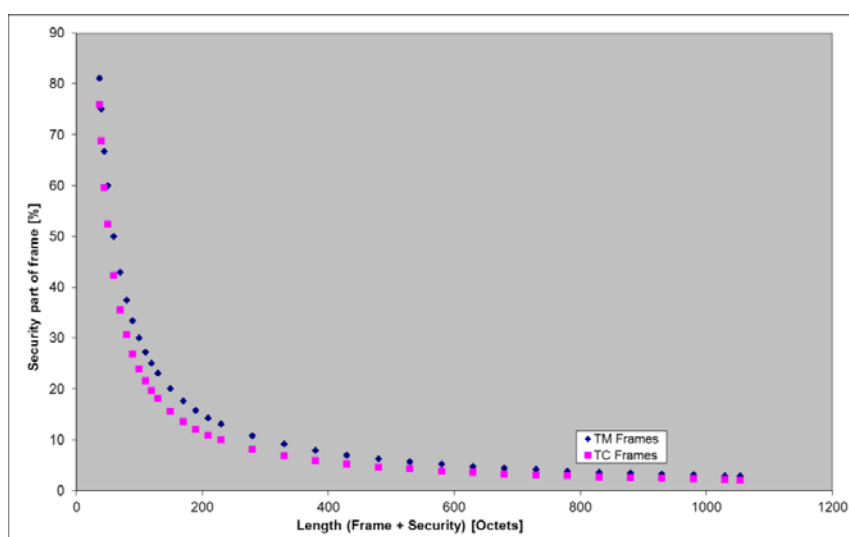


Abb.: Security Overhead für Telemetrie und Telekommando

Die Steuerung der Verschlüsselung wird durch die Einführung eines sogenannten Security-Headers gewährleistet. Dabei kann für eine bestimmte Implementierung (Satellitenprojekt) individuell der Up- bzw. Downlink verschlüsselt, authentisiert oder gleichzeitig Verschlüsselung und Authentisierung unterstützt werden.

Nach einem positiven Test durch mindestens zwei Raumfahrtagenturen wurde die Normvorlage in einen ISO-Normentwurf überführt. Für die Weiterführung dieser Aktivitäten auch außerhalb des INS Rahmens sind von Seiten des DLR entsprechende Mittel bereitgestellt worden. Die Fertigstellung des Normentwurfs ist damit gesichert.

Einrichtung Raumflugbetrieb und Astronautentraining, GSOC

Laufzeit: 01.07.2010 – 31.12.2011

3.8. Studie: Identifizierung des zukünftigen Standardisierungs- und Forschungsbedarfs für das Pan-Europäische S-Band MSS-System

Im Jahre 2008 entschied die Europäische Kommission die Einführung eines länderübergreifenden, harmonisierten mobilen Satellitendienstes (Mobile Satellite Services, MSS). Den Zuschlag erhielten seinerzeit zwei Anbieter, die seitdem mit dem Aufbau des Satellitennetzwerks begonnen haben: Das Joint Venture Solaris Mobile Ltd., einer Kooperation von SES GLOBAL und Eutelsat Communications.

Das System soll in seiner Endphase für vielfältige Endgeräte am Boden - z. B. Mobiltelefone, Radios oder in Autos installierte Empfänger - ein breites Servicespektrum im Bereich der Sprach- und Datenkommunikation, Internetzugang, mobiles Fernsehen und Radio im sogenannten S-Band ermöglichen.

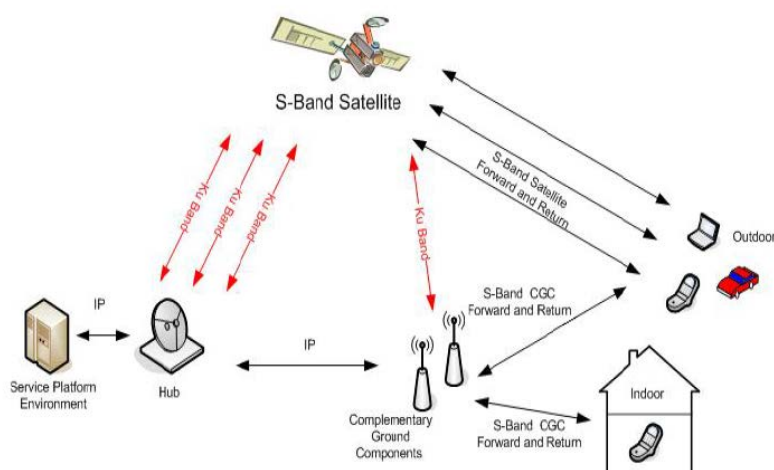


Abb.: S-band Mobile Interactive Multimedia System Elements

Aufgrund der länderübergreifenden Funktion des Satellitensystems und der damit verbundenen Dienste strebt die EU-Kommission, die europäische Raumfahrtagentur ESA und Solaris eine generelle Standardisierung auf internationaler Ebene an. Dies wird mit vielfältigen Projekten unterstützt wie zum Beispiel dem vom DLR koordinierten ESA-Projekt „DENISE“, bei dem die Spezifikationen für die benötigten Systembausteine (Empfänger und Endgeräte, Bodensegmente, Bodenkomponenten oder Gap-Filler etc.) entwickelt werden. Adressat dieser Aktivitäten ist der pan-europäische Verbrauchermarkt. Diesem sollen die entsprechenden Spezifikationen aller Systemelemente zur Verfügung stehen, um kommerzielle Produkte zu entwickeln und zu vertreiben.

Ziel in diesem Projekt war es, durch eine systematische Aufarbeitung der aktuellen Informationen und Bedürfnisse der Industrie den Normungsbedarf zu ermitteln. Insgesamt wurden sechs ETSI Standards erfolgreich veröffentlicht.

Institut für Kommunikation und Navigation, Satellitennetze
Laufzeit: 01.07.2010 - 30.06.2011

3.9. Digitale Sprachkommunikation/Voice-Datenstrukturen – Erweiterung der digitalen Sprachkommunikationen für Bodensegmente bemannter und unbemannter Raumfahrt

Historisch gesehen war die Sprachkommunikation innerhalb der Raumfahrtbehörden stets ein Abbild der Technologie und der Standards, die von der Telekommunikationsindustrie gesetzt wurden. Durch die Verdrängung analoger durch digitale Technologien gibt es heute einen Trend der verstärkten Kooperation zwischen den weltweiten Raumfahrtagenturen, der sich in der Einbindung des Equipments anderer nationaler Raumfahrtagenturen in eigene Raumfahrtprojekte äußert. Dies wurde zumindest teilweise durch die Entwicklung des Internets und der mobilen Telekommunikation getrieben.

Um die Interoperabilität zwischen den verschiedenen Ausrüstungen sicherzustellen und um den Datenaustausch zu ermöglichen, stellen die verschiedenen Partner sogenannte Gateways zur Verfügung. Sprache wird dabei heutzutage in digitaler Form übermittelt, sie wird zusammen mit anderen Satellitendaten (Telemetrie, Telekommandos) in einem Datenstrom gebündelt und versandt. Hier erfordern die heutigen digitalen Technologien und die zahlreichen Schnittstellen häufige Datenkonvertierung und Codeumsetzung. Dies führt zu erheblichen Problemen in der Qualität, da durch die häufigen Konvertierungen eine verlustfreie Sprachübermittlung nicht realisiert werden kann.

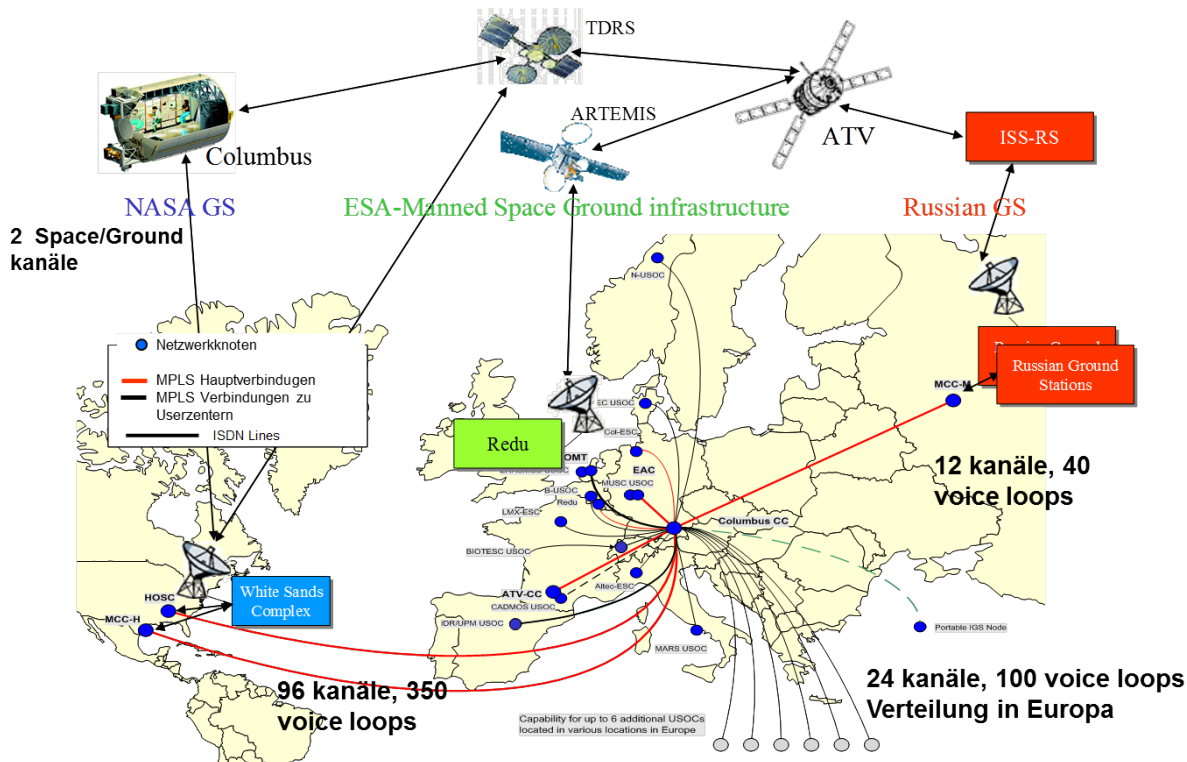


Abb.: Kommunikationsinfrastruktur Columbus

Die Zielsetzung war es, ein international kompatibles System zu definieren, um Kosten zu reduzieren. Dabei sollten vor allem einfach zu implementierende Codec zum Einsatz kommen, die von Universitäten und Forschungszentren für die Sprachkommunikationen mit Raumfahrt-Kontrollzentren benutzt werden können. Als Abschluss internationaler Diskussionen wurde entschieden, dass die folgenden Codecs ausgewählt wurden:

- G.728 für Space oder Air to Ground Kommunikationen und
- G.711 für Ground Kommunikationen und Low Orbit to Ground.

Neben der Literatur-Recherche wurden Markt-Untersuchungen durchgeführt und auf die Erfahrung der verschiedenen Raumfahrtagenturen zurückgegriffen. Daneben wurden neue Technologien in internationalen Kooperationen getestet. Letztlich spiegeln sich dieser Ergebnisse und der rege Austausch mit beteiligten Firmen und den an den Konsolen sitzenden Operatoren in den beiden Büchern (Grünes und Magenta Buch) wieder. Als Ergebnis liegt heute nach den oben erwähnten Besprechungen und Tests ein Weißes Buch (Vorläufer eine Magenta Buches) auf der Basis der Ergebnisse der internationalen Diskussionen vor.

Einrichtung Raumflugbetrieb und Astronautentraining
Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.12

3.10. Optische Kommunikationstechnologien für Datendownlinks von niedrigfliegenden Erderkundungssatelliten

Fernerkundungssatelliten benötigen immer höhere Datenübertragungsraten im Downlink. Um diesen Bedarf zu decken, können künftig »optische Links« (modulierte Laserstrahlung) anstatt RF-Links verwendet werden. Optische Kommunikation hat auch den Vorteil, dass spektrale Regulationen nicht nötig sind. Um eine hohe Verfügbarkeit des Links zwischen dem Satelliten und dem Boden einzuhalten, ist ein internationales Netzwerk von Bodenstationen mit Laserterminals nötig, deren Kosten durch internationale Kooperation geteilt werden können. Die Normung der optischen Links würde die Interoperabilität der Kommunikationsterminals ermöglichen. Sitzungen mit den relevanten Partnern wurden im Projektzeitraum organisiert als Workshops (national und international) und CCSDS Meetings (CCSDS = Consultative Committee for Space Data Systems). Alle Partner befürworteten die Normung, aber zwischen den industriellen und akademischen Partnern gibt es divergierende Meinungen über die passende Technologie (z. B. Wellenlänge, Modulation). CCSDS unterstützt die Normung von optischen Satellitenlinks, wünscht aber gründliche (ggf. langfristige) technische Analyse als Basis für einen soliden Konsensus.



Abb.: Optische Bodenstation des DLR in Oberpfaffenhofen

Die IOAG (Interagency Operations Advisory Group) ist eine CCSDS-Liaison und gründete eine Arbeitsgruppe über optische Links. Ein »Fahrplan« für künftige Normung wird von den Raumfahrtagenturen (unter Leitung von NASA und ESA) definiert. Nach den IOAG-Empfehlungen wird Satelliten-Downlinks die höchste Priorität im Bereich der Normung von optischen Weltraumlinks eingeräumt. CCSDS hat 2012 den von IOAG ausgearbeiteten »Fahrplan« für die Normung erhalten.

Institut für Kommunikation und Navigation, Satellitennetze
Laufzeit: 15.08.2010 – 31.12.2011

3.11. Vermessung und Bewertung der Oberflächenform von Spiegelementen für konzentrierende Solartechnik

Mit der Markteinführung der konzentrierenden Solartechnologie wächst die Zahl der Industrieunternehmen, die einzelne Kraftwerkskomponenten bereitstellen und dabei auch neue Herstellungsverfahren und Materialien einführen. Dadurch ist ein hoher Bedarf für vergleichende und bewertende Untersuchungen sowie für die Zertifizierung von Produkteigenschaften und Qualitätsgarantien entstanden. Bei solarthermischen Kraftwerken spielt die exakte Formgebung der Spiegeloberfläche eine zentrale Rolle für deren Ertrag. Schon geringe Abweichungen von der Soll-Geometrie können zu optischen Verlusten von mehreren Prozent führen und so die Wirtschaftlichkeit von Solarkraftwerken gefährden.

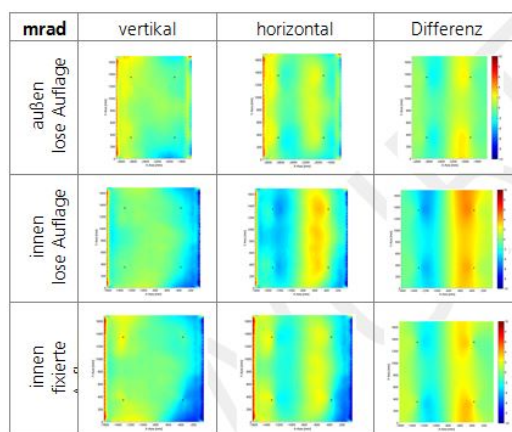


Abb.: Steigungsabweichung in x-Richtung in mrad für einen RP3 Außen- und Innenspiegel, in vertikaler und horizontaler Messlage, mit losen und fixierten Auflagepunkten, Verformung von vertikaler zu horizontaler Messlage

Für die hochgenaue Vermessung der Formtreue von Spiegelementen ist nach den Erkenntnissen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Deflektometrie in besonderem Maße geeignet. Dieses Verfahren wurde im DLR in den letzten Jahren entwickelt und in Kooperation mit der Industrie erprobt. Das Ziel dieses Projekts war die Erstellung eines Entwurfs eines Standardverfahrens zur Qualifizierung der Oberflächenform von Konzentratorspiegeln. Dazu gehört die Standardisierung des Messverfahrens der Formabweichungen von der Soll-Form und insbesondere auch die Bewertung der Formtreue durch einen geeigneten Qualitätsparameter, der die optische Qualität komponentenspezifisch beschreibt. Letzteres ermöglicht den Kraftwerksplanern, die geeigneten Spiegel für solarthermische Kraftwerke nach standardisierten Kriterien auszuwählen. Die Industrie kann damit ihre Produktqualität objektiv nachweisen.

Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01-04.2011 - 31.03.2012

3.12. Standardisierung von messtechnischen Anforderungen an die Durchführung von Laborexperimenten, die unter Simulation von extraterrestrischer Atmosphäre erfolgen

Das Ziel dieses Projektes war, dass am DLR erworbene Know-how im Bereich der Herstellung, Kontrolle und messtechnischen Erfassung der simulierten extraterrestrischen Atmosphäre (z. B. Mars) und speziell der in ihr enthaltenen Gasfeuchte zur Erarbeitung eines Normentwurfes zu verwenden, um einen Standard für einheitliche messtechnische Anforderungen an Laborexperimente in der Raumfahrt zu empfehlen, die unter Simulation von extraterrestrischer Atmosphäre erfolgen. Zu diesem Zweck erfolgt der Auf- bzw. Ausbau eines Messplatzes (siehe Abbildung) und des MSF (Mars Simulation Facility) am DLR zur Überprüfung der favorisierten messtechnischen Anforderungen, Messsysteme und Arbeitsschritte um definierte atmosphärische Bedingungen (Feuchte, Druck, Temperatur, Gaszusammensetzung) zu erhalten.

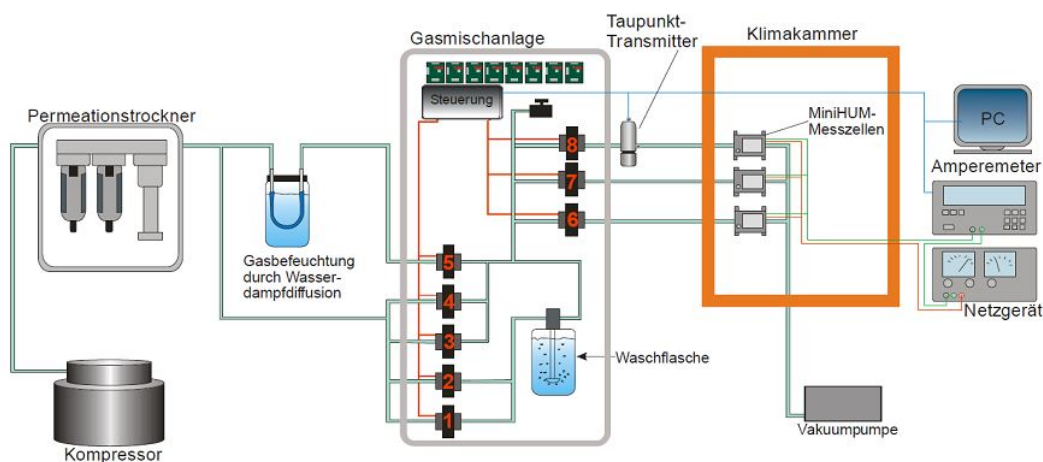


Abb.: Typischer Experimentaufbau im Labor

Die Ergebnisse wurden dokumentiert, in Fachkreisen veröffentlicht und diskutiert (z. B. Peer-Review Paper in Fachzeitschriften). Hierzu wurde die Zusammenarbeit mit Vertretern aus Industrie und Wissenschaft angestrebt die z. B. relevante Messtechnik herstellen oder ebenfalls Experimente unter extraterrestrischer Atmosphäre durchführen, um deren Wissen und Erfahrungen in die Entwicklung und Durchführung der Experimente und in den Normentwurf einzubringen. Mit dem Normentwurf wurde die Definition von einheitlichen messtechnischen Anforderungen an Laborexperimente in der Raumfahrt, die unter Simulation von extraterrestrischer Atmosphäre erfolgen, angestrebt. Damit sollte eine breite Einführung in Test- und Versuchslabore erreicht werden sowie die Einbindung in Normen der nationalen Raumfahrtbehörden sowie in ESA-Vorschriften.

Die angestrebten Ziele, die Etablierung eines Standards in Test- und Versuchslaboren sowie die Einbindung in Normen der nationalen Raumfahrtbehörden sowie in ESA-Vorschriften, wurden innerhalb der Projektlaufzeit nicht erreicht. Jedoch konnte, anhand der gewonnenen Erkenntnisse im SMADLUSEA-Projekt, das messtechnische Niveau bei neueren biologischen Experimenten zu extraterrestrischen Fragestellungen am DLR verbessert werden.

Mit den noch im Rahmen des SMADLUSEA-Projektes durchgeführten Experimenten wurden auch Fragen zur Querempfindlichkeit von Feuchtesensoren unter Einfluss anderer Gase als Luft, geklärt. Die Erkenntnisse wurden bzw. werden in Fachzeitschriften publiziert und damit interessierten Wissenschaftlern zugänglich gemacht.

Insgesamt erhöhten die Projektergebnisse das Know-how des DLR-Labors und festigen seinen Status als eines der führenden Labore für astrobiologische Experimente. Auch für das MEPAG-Team der NASA (Mars Exploration Program Analysis Group) die mit dem DLR zusammenarbeitet sind die erhaltenen Daten wichtig, um die Qualität der biologischen Experimente zu bewerten die im MSF-Labor des DLR durchgeführt werden und deren Ergebnisse die Ziele zukünftiger Marsmissionen beeinflussen. Das Labor wird hier zukünftig wichtige wissenschaftliche Beiträge leisten.

Institut für Planetenforschung

Laufzeit: 1.6.2011 – 30.11.2013

3.13. Qualifizierung von Laseroptiken in der Raumfahrt

In der Vergangenheit ist es trotz extremen Anforderungen an die Präzision und Zuverlässigkeit der bei Weltraummissionen verwendeten Optiken immer wieder zu Problemen durch abfallende Ausgangsleistung der Lasersysteme gekommen. Die Ursache dafür wird in der laserinduzierten Kontamination vermutet. Dabei handelt es sich um die Bildung von Ablagerungen auf den Oberflächen optischer Komponenten als Folge der Wechselwirkung zwischen Laserstrahl, optischer Oberfläche und ausgasenden Molekülen von in der Nähe befindlichen Materialien. Dieser Effekt führt insbesondere bei Systemen im Vakuum zu Problemen, da dort der Luftsauerstoff fehlt, der die Bildung der Kontaminationen verhindert oder zumindest stark verringert. Besonders kritisch sind dabei organische Materialien, die z. B. in Klebstoffen, Isolationsmaterialien oder Leiterplatten vorkommen, da diese sehr viel stärker ausgasen als anorganische Substanzen. Da die Verwendung von organischen Materialien nicht völlig vermieden werden kann, muss eine Qualifizierung vorgenommen werden, welche von ihnen besonders gemieden werden sollten.

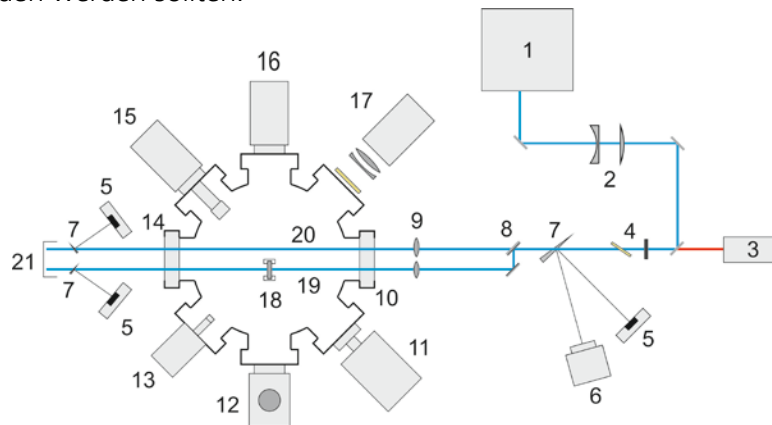


Abb.: Schematische Darstellung eines typischen Prüfaufbaus zur Bestimmung der laserinduzierten Kontamination.

1: Laserquelle, 2: Teleskop, 3: He-Ne Laser, 4: Abschwächer, 5: Energiedetektor, 6: CCD (Strahlprofilmessung), 7: Keil, 8: Strahlteiler, 9: Linsen, 10: Eintrittsfenster, 11: Drucksensor, 12: Kontaminationsquelle, 13: Schwingquarz, 14: Austrittsfenster, 15: Restgasanalysator, 16: Pumpsystem, 17: EM-CCD (Fluoreszenzmessung), 18: Optische Probe, 19: Meßstrahl, 20: Referenzstrahl, 21: Strahlsumpf

Im Rahmen dieses Projekts konnte ein Prüfaufbau und eine Prüfprozedur festgelegt werden, die die Qualifizierung von Materialien in Bezug auf die laserinduzierte Kontamination ermöglicht. Darüber hinaus wurde ein Manuskript "ISO/NP Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Qualification of laser optics for space applications" angefertigt, welches diesen Prüfaufbau und Prüfprozedur beschreibt.

Institut für Technische Physik, Aktive optische Systeme

Laufzeit: 01.01.2012 - 31.12.2013

3.14. Erstellung der Spezifikation Broadband Satellite Multimedia SI-SAP als externe Schnittstelle

Das Projekt befasste sich mit der Vereinheitlichung der Schnittstelle zwischen dem Sende/Empfangsteil eines Satellitenterminals und den dahinterliegenden Komponenten. Dadurch soll eine bessere Austauschbarkeit der Satellitennetze und eine einfachere Nutzung von Standard-Internetdiensten über solche Netze erreicht werden. Der Anwendungsbereich von derartigen Satellitennetzen reicht von der Internetbereitstellung für Gebiete, die von DSL nur schwer oder gar nicht erreicht werden können, über Verbindungen zwischen Unternehmensfilialen bis hin zum Einsatz in Katastrophengebieten und in Ländern der Dritten Welt, wobei die einfache Austauschbarkeit der Satellitenkomponente für einige Anwendungsgebiete essentiell ist. Die bestehende Arbeitsgruppe SES/BSM des Europäischen Instituts für Telekommunikationsnormen (ETSI) hat seit einigen Jahren an einer Spezifikation für eine „Unabhängigen Satellitenservice-Zugangsschnittstelle“ (SI-SAP) gearbeitet, um die Nutzung von Internetdiensten über heterogenen Breitbandsatellitensystemen zu ermöglichen. Diese Spezifikation bildet die Basis für das Projekt.

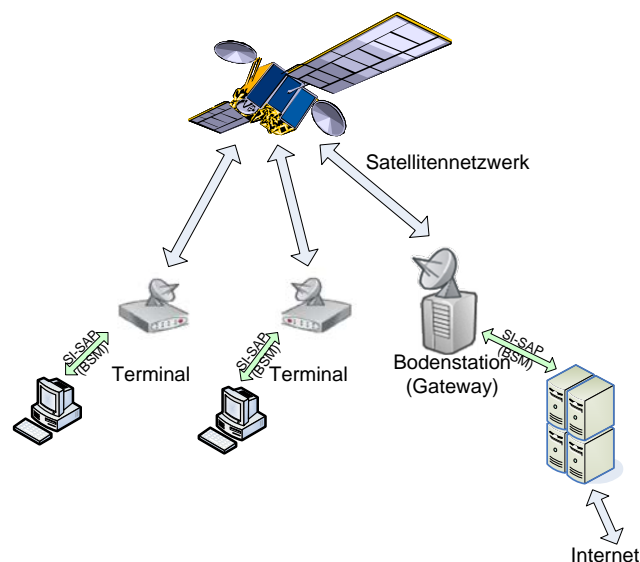


Abb.: Schematische Darstellung eines Satellitenkommunikationssystems

Hauptkomponente des Systems ist ein sogenannter transparenter Satellit, der eingehende Daten verstärkt und ggf. eine Frequenzumsetzung vornimmt. Die Benutzer sind über Terminals angebunden, die typischerweise über eine handelsübliche Parabolantenne mit einem Durchmesser von 40 bis 120cm, einer Außeneinheit und einem Transceiver besteht. Der Großteil der aktuellen Netzwerke besitzt außerdem eine Bodenstation (Gateway), die den Übergang zum Internet realisiert und gleichzeitig Serverkomponenten enthalten kann. Typische Anwendungsszenarien sind Internet-Anbindung (besonders in schwierig zu erschließenden Gebieten), Datenverteilung und –sammlung, Netzwerke für Firmen mit mehreren Außenstellen, Telefoniedienste u.a.

Obwohl es im Bereich der Satellitennetze seit Jahren Standardisierungsbestrebungen (DVB-Forum, DOCSIS, IPOS) gibt, sind praktisch alle existierenden Systeme verschieden und benötigen speziell angepasste Software sowohl auf Seiten der Endbenutzer, als auch auf Gateway- und Serverseite. Ein spezielles Problem sind die langen Signallaufzeiten über den Satelliten (0,5 Sekunden hin und zurück), die erhebliche Probleme mit den Standard-Internet-Protokollen bewirken und system-spezifische Anpassung in Betriebssystemen und Protokollen benötigen.

Das Ziel der Standardisierungsaktivität bestand darin eine Schnittstelle zu definieren (als grüne Pfeile in der Abb. gekennzeichnet), die die Anwendersysteme (PCs und Server) vom konkret eingesetzten Satellitenkommunikationssystem entkoppelt und damit einen standardisierten Zugriff auf solche System und ihre Dienste ermöglicht. Diese Schnittstelle sollte als externe Schnittstelle spezifiziert sein, so dass die verwendeten Geräte (Transceiver und PCs bzw. Server) auch physisch getrennt werden können und eine einfache Austauschbarkeit des Kommunikationssystems möglich wird.

Eine solche Schnittstellenspezifikation ermöglicht die raschere und unabhängigere Entwicklung sowohl von neuen Diensten, als auch von neuen Satellitensystemen und verringert für den Anwender die Einstiegsschwelle und erhöht gleichzeitig die Flexibilität für die Nutzung von Satellitenkommunikation. Damit können sich für die zahlreichen in Deutschland ansässigen Firmen, die in diesem Bereich arbeiten, neue Geschäftsfelder auf tun. Gleichzeitig werden auf diese Weise alternative Netzanbindungsmöglichkeiten geschaffen.

Institut für Kommunikation und Navigation, Satellitennetze
Laufzeit: 01.01.2012 – 31.12.2013

3.15. STEP – Standardisierung der Ertragsprognose für Solarthermische Kraftwerke

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit solarthermischer Kraftwerke hängt maßgeblich von der Prognose des zu erzielenden Ertrags ab. Diese erfolgt während der Projektplanungsphase anhand mathematischer Modelle, die das Systemverhalten beschreiben. Für die Ertragsprognose wird, ausgehend von gemessenen oder prognostizierten Strahlungswerten, der Stromertrag des geplanten Kraftwerks für jede Stunde in einem Jahr berechnet. Dafür müssen alle relevanten Teilsysteme mit den entsprechenden Energieumwandlungsprozessen berücksichtigt werden (s. Abb.). Zum heutigen Zeitpunkt gibt es keine einheitlichen Berechnungsmodelle und standardisierten Methoden für die Berechnung des Jahresertrags, so dass mit jeder Prognose eine hohe Unsicherheit verbunden ist. Dies führt dazu, dass Investoren bei Kaufentscheidungen Risikoaufschläge vorsehen, die die Technologie unnötig verteuern bzw. einzelne Projekte an der Realisierung scheitern lassen.

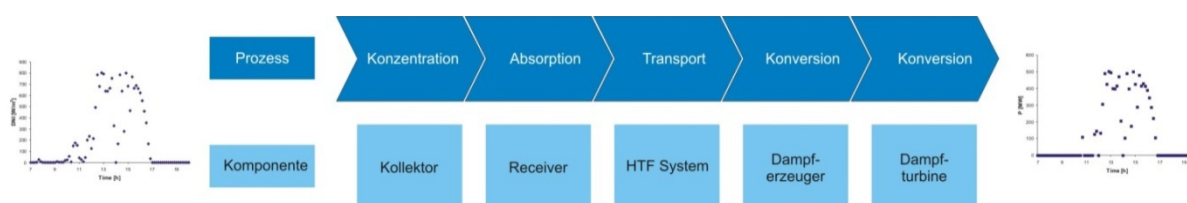


Abb.: Schematisch Energieumwandlungskette bei solarthermischen Kraftwerken

Ziel des INS-Projekts war es, die Aktivitäten zur Erstellung eines Ertragsprognosehandbuchs im SolarPACES-Projekt guiSmo von deutscher Seite her zu unterstützen und parallel dazu die Übertragung der Ergebnisse in eine Internationale Norm vorzubereiten. Im Rahmen des INS-Projekts konnten wichtige Schritte auf dem Weg zu einer Norm umgesetzt werden. So wurden als Materialsammlung bestehende Ertragsprognoseansätze zusammengetragen und gegenübergestellt. Diese Ergebnisse wurden als Diskussionsgrundlage in das guiSmo-Projekt eingespeist. Grundlage für eine strukturierte Erstellung von Ertragsprognosedokumenten ist eine eindeutige Definition wichtiger Begrifflichkeiten. Eine solche wurde im Rahmen des Projekts erstellt und im internationalen Rahmen abgestimmt. In der Zusammenarbeit mit dem DKE-Komitee 374 sowie dem spanischen Normungsgremium konnten Strukturentwürfe und Änderungswünsche an Normentwürfen eingebracht werden. Zur Weiterführung der Arbeiten wurde ein Folgeprojekt beim Bundesumweltministerium beantragt, an dem sich zehn deutsche Partner beteiligen.

Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01.01.2012 – 31.12.2013

3.16. Verbesserung des Stands der Technik von Reflexions-Messinstrumenten zur Qualifizierung von Solarspiegeln

In der solarthermischen Kraftwerkstechnik mit fokussierenden Kollektorsystemen stellt der Reflektor eine Schlüsselkomponente dar. Die Qualität des Reflektors bestimmt, wie viel der auftreffenden Solarstrahlung in Richtung des Receivers fokussiert wird und somit zur Stromerzeugung beiträgt. Dabei ist die gerichtete Reflexionseigenschaft des eingesetzten Spiegelmaterials ausschlaggebend. Bisher verwendete Messmethoden mit kommerziell erhältlichen Messinstrumenten sind nicht mehr ausreichend, um die Bandbreite der inzwischen verfügbaren Solarspiegel-Materialien präzise zu bewerten. Die Messung des gerichteten Reflexionsgrads wird ungenau, sobald die Oberfläche des Spiegels zu Strahlaufweitung und Streuung führt, was bei den neuen Konkurrenzmaterialien zu den bisher üblichen Glasspiegeln teilweise der Fall ist. Daher werden von der Industrie Messinstrumente benötigt, welche die Anforderungen für eine Qualitätsbewertung von Solarspiegel-Materialien mit hinreichender Messgenauigkeit erfüllen, damit solche Produkte nicht benachteiligt werden.

In diesem Projekt wurde weitere Forschungsarbeit durchgeführt mit dem Ziel, die genaue Reflexionsverteilung dieser Reflektor-Materialien mit innovativen Messaufbauten zu untersuchen, um ihre Charakteristik zu erkennen. Lösungsansätze wurden entwickelt, welche zu einer genaueren Materialanalyse und Bewertung führen können. Daraus konnten Empfehlungen für die Verbesserung des Stands der Technik von Instrumenten abgeleitet und ein Anforderungskatalog erstellt werden, welche besondere Geltung in der konzentrierenden Solartechnik haben. Die neuen Erkenntnisse der Forschungsarbeit schlagen eine Brücke zwischen Messergebnissen und deren Interpretation über die Auswirkung im realen Solarkraftwerk. Infolgedessen können deutsche Spiegelhersteller ihre Konkurrenz besser auf deren Marktfähigkeit und Eindeutigkeit der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse einschätzen. Kraftwerksbetreiber können die Leistungsfähigkeit der ausgewählten Spiegelprodukte besser beurteilen und Aussagen von Messergebnissen vertrauen. Abschließend wurden der Anforderungskatalog und ein weiterführendes Dokument zu einem bereits erarbeiteten Dokumententwurf auf dem Weg zur Normung erarbeitet, welche auf die besonderen Erfordernisse bei bestimmten Alternativ-Materialien eingehen.

Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01.01.2012 – 31.12.2012

3.17. Energieeffizienz und Leichtbau mit Faserkeramiken durch zuverlässige Kennwertermittlung für die konstruktive Auslegung

Ausgangspunkt des Projekts ist der DIN NA 062-02-94 AA, der sich mit der Charakterisierung von keramischen Verbundwerkstoffen befasst. Die langjährigen Erfahrungen zeigen, dass das Vorgehen nach den bislang existierenden Normen aufgrund der Heterogenität und Anisotropie der zugrundeliegenden Werkstoffe nicht immer zu zuverlässigen Daten führt. Daher sollen Spezifikationen zu diesen Normen oder ggf. Empfehlungen für Normentwürfe erarbeitet werden, um eine zuverlässige Auslegung von Bauteilen sowie eine wünschenswerte Steigerung des außerordentlichen Einsatzpotenzials dieser innovativen Werkstoffklasse zu ermöglichen.

Wegen der Vielfalt an möglichen Faser-Matrix-Kombinationen (C/C, C/SiC, SiC/SiC, OCMC, Endlos- und Kurzfaserverstärkung) und Herstellungsverfahren (Faserwickeln, Prepregverfahren, LSI, LPI, CVI) und den daraus resultierenden unterschiedlichen Einzelinteressen sollten im Rahmen eines Verbundvorhabens mit den wichtigsten deutschen Faserkeramik-Herstellern und Prüfinstituten eine systematische Analyse vorhandener Materialdaten vorgenommen sowie ergänzende Experimente durchgeführt werden.

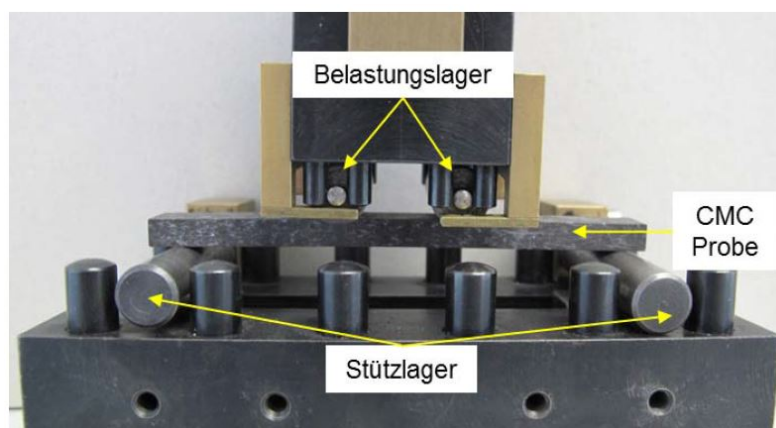


Abb.: Versuchsaufbau eine Vier-Punkt-Biegeversuch

Im Rahmen des Projekts wurden umfangreiche Untersuchungen zu den Effekten von Probengeometrie und Prüfbedingungen auf die Biegefestigkeit zweier kurzfaserverstärkter C/SiC-Werkstoffe mit unterschiedlichen Faserlängen durchgeführt. Zur Bestimmung der Faserverteilung wurden die vollständigen Volumen der Biegeproben vor den Versuchen mit Hilfe der Mikro-Computer Tomografie (μ CT) untersucht. Dabei wurde die Orientierung der Kurzfaserbündel im Volumen ermittelt und die Verteilung quantitativ bestimmt sowie die lokale Faserverteilung im Bereich der maximalen Belastung ermittelt. Als Prüfmethode zur Bestimmung der Festigkeit wurde der Vier-Punkt-Biegeversuch mit unterschiedlichen Auflagerabständen festgelegt. Es wurde u.a. gezeigt: die Standardabweichung und die absolute Biegefestigkeit der kurzfaserverstärkten CMCs sind stark von der Faserlänge und den Probenabmessungen abhängig. Ein geeignetes Verfahren zur Definition der minimalen Probengrößen ist die Evaluation der Streuung der

Festigkeitswerte in Abhängigkeit des Prüfquerschnitts und des Auflagerabstands. Die Ergebnisse zeigen, dass die unter den geeigneten Prüfbedingungen bestimmten Vier-Punkt-Biegefestigkeiten eine belastbare mechanische Eigenschaft von kurzfaserverstärkten CMCs sind. Die Biegefestigkeit und deren Standardabweichung ist unabhängig von der Probengeometrie - falls ein repräsentatives Mindest-Volumen betrachtet wird und kann für die Dimensionierung von Bauteilen aus diesen Materialien verwendet werden. Ein Normungsvorschlag für kurzfaserverstärkte keramische Verbundwerkstoffe unter Biegebelastung wurde für ein Optimum an Flexibilität hinsichtlich der Probengeometrie bei gleichzeitiger Zuverlässigkeit der ermittelten Kennwerte vorbereitet. Auf Basis der Projektergebnisse wird eine kosteneffizientere Entwicklung und Auslegung von verschiedenartigen keramischen Verbundwerkstoffen ermöglicht. Dies wird zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit der industriellen Hersteller und Anwender dieser Werkstoffklasse beitragen.

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie, Keramische Verbundstrukturen
Laufzeit: 01.01.2012 – 31.12.2014

3.18. Studie über den zukünftigen Standardisierungsbedarf von Fügeverfahren bei Schienenfahrzeugen

Bei der Entwicklung von Schienenfahrzeugen spielen Gewicht, Energiekosten und Umweltverträglichkeit eine immer größere Rolle. Das Ziel, diese Eigenschaften stetig zu verbessern, ist einer der entscheidenden Faktoren, wenn es um Wirtschaftlichkeit in der Eisenbahnbranche geht. Fortschritte beim Bau von Schienenfahrzeugen werden sich nur durch den Einsatz innovativer Materialien realisieren lassen. Um diese Werkstoffe sinnvoll einsetzen zu können, bedarf es Fügeverfahren, die spezielle Anforderungen erfüllen. Vornehmliches Ziel dieses Projekts war daher die Überprüfung von potenziellen Verbindungstechniken für bisher nicht eingesetzte Materialien, da dies einen hohen Nutzen für alle nationalen und europäischen Schienenfahrzeughersteller und Zulieferer verspricht. Nach einer Befragung von Experten aus Industrie und Forschung wurde ein Versuchsprogramm für verschiedene Materialien und Fügeverfahren ausgearbeitet und durchgeführt.

Dieses ergab unter anderem, dass die Parameter und die Gestaltung der Fügung einen sehr großen Einfluss auf die erzielte Festigkeit haben, so dass sie in zukünftigen Normen ausführlich beschrieben werden sollten. Deutsche Hersteller sind heute führend in Technologie und Konstruktion von Schienenfahrzeugen. Diese Führungsposition wird sich aber nur ausbauen lassen, wenn die Hersteller Zugang zu den aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnissen haben und sich auf die Hilfe aktueller Normen stützen können. Um die Konkurrenzfähigkeit der Hersteller langfristig zu sichern, wurden im Rahmen dieses INS-Projekts auch Verbesserungs- und Ergänzungsvorschläge zu bestehenden Normen gemacht und die Durchführung von Normungsprojekten angeregt, die seitens der Industrie für bisher nicht genormte Fügeverfahren gefordert wurden.

Institut für Fahrzeugkonzepte

Laufzeit: 01.01.2012 – 31.12.2013

3.19. Bestimmung des Faservolumengehaltes (FVG) von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen mittels Veraschung unter Schutzgasatmosphäre

Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) sind in der Flugzeugindustrie als Baustoff etabliert. Auch in anderen Anwendungsbereichen finden sie immer weitere Verbreitung. Daher besteht unter den Herstellern ein wachsendes Interesse an einfachen, günstigen Verfahren zur Qualitätskontrolle von CFK-Laminaten. Maßgeblich für die Bewertung der Eigenschaften eines CFK-Laminats ist das Verhältnis des Kohlenstofffaservolumens zum Gesamtvolumen des Laminats, der Faservolumengehalt (FVG). Das etablierte Verfahren zur Faservolumengehaltsbestimmung an CFK basiert auf einem nasschemischen Aufschluss nach DIN EN 2559, Verfahren A. Dabei wird die Polymermatrix unter starkem Erhitzen mit Schwefelsäure aus dem Laminat gelöst und die herausgefilterten Fasern anschließend gewaschen und getrocknet. Über den Fasermasseanteil kann der Faservolumengehalt berechnet werden. Dieser Prozess nach aktuellem Stand der Technik hat einige Nachteile. Der Hersteller benötigt die Apparate und Geräte eines gut ausgestatteten Chemielabors und hochqualifizierte Fachkräfte, die den chemischen Aufschluss durchführen. Außerdem müssen die anfallenden Reststoffe aus diesen Versuchen als Sondermüll entsorgt werden.

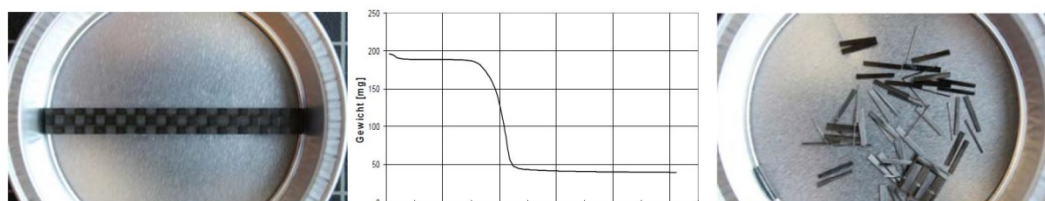


Abb.: Probe aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff

Gewichtsabnahme während der Veraschung

Kohlenstofffasern nach der Veraschung

Viele Vorteile zeigt im Vergleich dazu die thermogravimetrische Analyse (TGA). Die TGA dient allgemein zur Messung der Massenänderung einer Probe in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur. Ziel dieses INS-Projekts ist die Entwicklung einer geeigneten Messmethodik zur möglichst exakten Ermittlung des Faservolumengehalts von CFK-Laminaten. Dabei werden Proben über einen halbautomatischen Prozess in einer TGA-Messeinrichtung unter Schutzgasatmosphäre verascht und die entsprechende Massenänderung aufgezeichnet. Aufbauend auf bisherigen Erfahrungen sollen alle für die Prüfung relevanten Parameter wie Temperaturverläufe, Pyrolysezeiten, Spülgasströme und Probengrößen experimentell ermittelt und optimiert werden.

Die Ergebnisse sollen anschließend in die Entwicklung eines standardisierten Verfahrens einfließen. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann so der Faservolumengehalt präzise und einfach bestimmt werden. Der halbautomatisierte Prozess ermöglicht eine kontinuierliche Aufzeichnung aller Messdaten, Personalkosten könnten eingespart und personelle Bedienfehler während der Prüfung ausgeschlossen werden. Somit wird selbst kleinen Unternehmen ermöglicht, ohne großen Aufwand die Qualitätskontrolle fertigungsbegleitend und kostengünstig durchzuführen. Riskante Arbeiten mit gefährlichen Substanzen und deren Entsorgung würden dadurch ebenfalls entfallen.

Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptionik, Multifunktionswerkstoffe
Laufzeit: 01.02.2012 – 31.12.2012

3.20. Fehlersicherungs-codes für Near-Earth und Deep-Space Datenlinks

Das Projekt „FEC4Space“ hatte zum Ziel, neuartige Fehlersicherungs-codes für optische Near-Earth- und Deep-Space- sowie Radio-Frequency (RF)-Deep-Space-Datenlinks zu entwerfen und zu standardisieren. Diese neuen, auf Low-Density-Parity-Check (LDPC)-Codes basierenden Fehlersicherungsverfahren versprechen eine deutlich verbesserte Fehlerkorrekturfähigkeit bei niedriger Komplexität. Neben der sicheren Übertragung kritischer Daten (wie z. B. Steuerungsbefehle an die Raumsonde) ermöglichen die genannten Codes eine Erhöhung der Datenraten oder alternativ eine Einsparung an Sendeleistung.

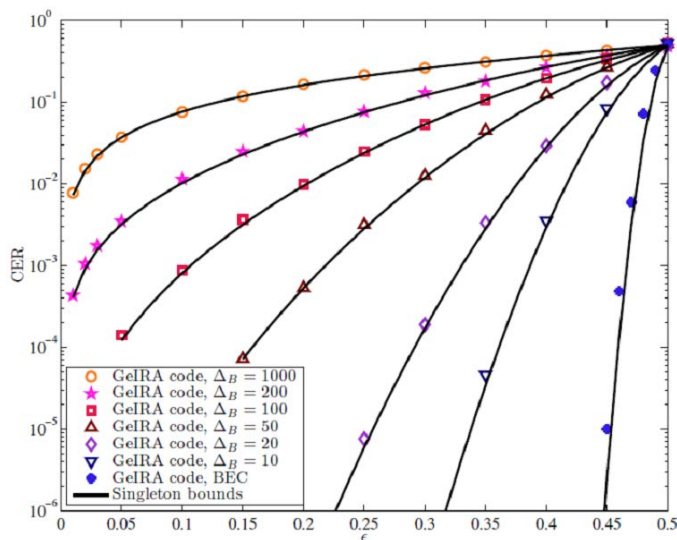


Abb.: Paketfehlerkorrigierende LDPC Codes unter Anwendung neuartiger ML-Dekodierung auf Paketfehlerkanälen mit verschiedenen Korrelationen und Paketverlustwahrscheinlichkeiten

Speziell bei der Weltraumkommunikation ist die Einsparung an Sendeleistung ein sehr wichtiger Aspekt, da sich daraus Gewichtseinsparungen ergeben, die sich auf das gesamte Design der Raumsonde bzw. des Satelliten positiv auswirken können (z. B. Verringerung der Fläche der Solarpanels und infolgedessen die mögliche Reduzierung des Volumens und des Gewichts; oder kleinere HF-Verstärker mit weniger Abwärme sind verwendbar, die Einsparungen von Radiatoren zur Abstrahlung der Abwärme ermöglichen).

Das Projekt wurde dazu genutzt, paketfehlerkorrigierende Kanalkodes für optische Near-Earth und Deep-Space sowie RF Deep-Space Datenlinks zu entwickeln und einen Entwurf für ein CCSDS Orange Book zur Standardisierung dieser Codes auszuarbeiten. Der Entwurf eines Orange Books wurde an die CCSDS Partneragenturen weitergeleitet. Die Berücksichtigung diverser Kommentare ist bereits erfolgt. Nach einer zweiten Review Phase wurde der Entwurf von dem CCSDS Editorial Board verabschiedet und zur Standardisierung vorgelegt.

Institut für Kommunikation und Navigation, Digital Networks
Laufzeit: 01.03.2012 – 31.12.2013

3.21. Standardisierung eines erweiterbaren Modells für Provenance-Daten

Die Validierung von Ergebnissen aus Geschäftsprozessen, Simulationen oder Experimenten ist in vielen Geschäfts- und Forschungsgebieten wichtig. Beispiele sind akademische „Reviews“ von Daten oder Veröffentlichungen, Audits finanzieller Transaktionen oder Überprüfung medizinischer Vorgänge. Allgemein ist es bei Prozessen zur Erzeugung oder Verarbeitung von Daten oft wünschenswert, die Entstehung der Resultate nachvollziehen zu können. Man kann die Entstehung der Daten reproduzieren und ggf. die Daten erneut erzeugen. Oder man kann die Konformität des datenerzeugenden Prozesses entsprechend bestimmter Regularien überprüfen. Schließlich ist es auch möglich, Beweissicherheit bzgl. Verwendung und Überprüfung der Daten zu erreichen.

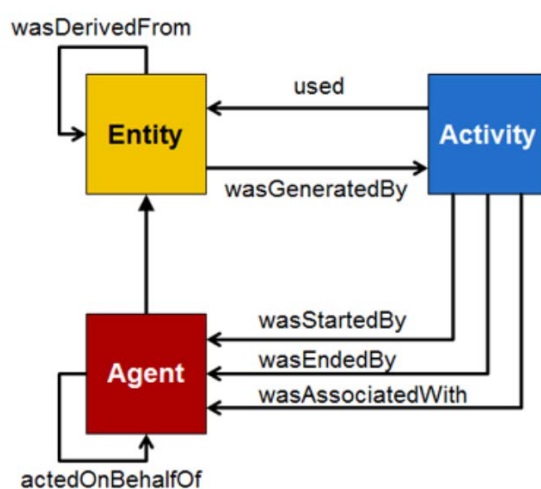


Abb.: Grundkonzepte des W3C Provenance Data Model

Die Aufzeichnung detaillierter Informationen über die Entstehung und den Ursprung von Daten wird als Provenance bezeichnet. Basierend auf einem Modell des aufzuzeichnenden Prozesses („Provenance Model“) werden dabei alle relevanten Informationen des Prozesses in einer Datenbank gespeichert. Diese können dann analysiert und entsprechend der interessierenden Fragestellungen ausgewertet werden.

Bislang fehlen jedoch standardisierte Provenance-Modelle. Auch eine standardisierte Methodik zum Einführen von Provenance-Aufzeichnungen in bestehende Prozesse gibt es bislang nicht. Insbesondere ist es nicht möglich, Informationen zwischen zwei verschiedenen Provenance-Datenbanken auszutauschen. Es gibt zwar eine große Anzahl unterschiedlicher Provenance-Modelle, aber die Gemeinsamkeiten sind oftmals gering, angefangen von den grundlegenden Begriffen bis hin zur genauen Semantik der Informationen. Es fehlt also ein Ansatz oder Standard um Interoperabilität zwischen den Provenance-Datenbanken verschiedener Prozesse herzustellen. Ebenso werden unterschiedlichste Technologien für die softwaretechnische Implementierung von Provenance-Datenbanken verwendet. Zum Beispiel werden relationale Datenbanken, XML-Datenbanken oder Graph-basierte Datenbanken eingesetzt. Außerdem kommen

unterschiedlichste Schnittstellen zum Hinzufügen von Provenance-Informationen zur Datenbank und zur Abfrage der Provenance-Informationen zum Einsatz.

Projektfokus: Erarbeitung eines Normentwurfs für die Standardisierung eines erweiterbaren Modells für Provenance-Informationen. Die Anwendungsdomäne stellt zunächst die Standardisierung des Modells für ein elektronisches Laborbuch dar, das der Richtlinie eines guten Laborbuches (des OECD) folgt. Das Modell soll Laborexperimenten verschiedener Branchen genügen. Anhand dieses exemplarischen Anwendungsfalls wurde die Tauglichkeit des zu standardisierenden Provenance-Modells evaluiert.

Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik, Intelligente und verteilte Systeme
Laufzeit: 01.08.2012 - 31.07.2014

3.22. Spezifikation einer Schnittstelle für den Datenaustausch im Flugzeugvorentwurf (SPECPACS)

Auf Grund der Tatsache, dass der Entwurf von Flugzeugen in steigendem Maße verteilt ausgeführt wird, entsteht eine Verbreitung von Daten über mehrere Domänen. Ursächlich hierfür ist, dass zum einen der Prozess des Entwurfs und die behandelten physikalischen Probleme zu komplex werden, um sie für ein Individuum überschaubar zu gestalten. Zum anderen sind sowohl in Wissenschaft als auch in Industrie Kompetenzen sowohl organisatorisch, als auch örtlich verteilt. Eine zunehmende Auslagerung spezifischer Fähigkeiten an Dienstleister verstärkt die Verteilung weiter. Diese Verteilung bedingt einen verstärkten Austausch von Daten zwischen Experten und Analyseverfahren.

Die Definition einer zentralen Schnittstelle für diesen Datenaustausch bietet die Möglichkeit diesen Austausch zu standardisieren. Neben einer Verringerung in der Anzahl von Schnittstellen, kann somit eine gemeinsame „Sprache“ für Entwickler geschaffen werden. Des Weiteren ist durch die Anbindung an ein zentrales Format die Möglichkeit zum Austausch von Analyseverfahren möglich, um z.B. Rechenzeiten zu verringern.

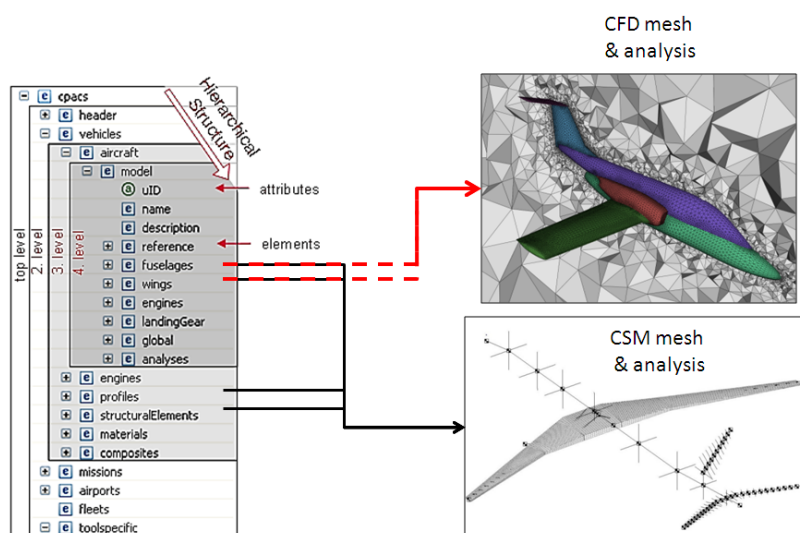


Abb.: Beispiel einer CPACS Struktur

In dem Vorhabens wurde auf Basis der national abgestimmten CPACS Version 2.3 ein Normentwurf zum Austausch von Daten mit dem Datenformat CPACS (Common Parametric Aircraft Configuration Schema) erstellt. CPACS ist seit Anfang 2011 unter Open Source Lizenz veröffentlicht.

Institut für Lufttransportsysteme
Laufzeit: 01.09.2013 – 31.12.2015

3.23. Standardisierung von Rotating Shadowband Irradiometern (RSI)

Im Projekt soll ein Normvorschlag für Rotating Shadowband Irradiometer (RSI) zur Bestimmung der solaren Bestrahlungsstärke erarbeitet werden. RSIs werden zur Messung der horizontalen Globalstrahlung (GHI, engl. global horizontal irradiance) und der horizontalen Diffusstrahlung (DHI, engl. diffuse horizontal irradiance) verwendet. Daraus kann die Direktnormalstrahlung (DNI, engl. direct normal irradiance) berechnet werden. Diese drei Größen (DNI, GHI, DHI) sind zur akkuraten Bewertung eines potentiellen Solarkraftwerk-Standorts notwendig. Dies gilt insbesondere, wenn der Sonne nachgeführte Photovoltaik oder konzentrierende Solartechnik verwendet wird. Durch das Funktionsprinzip der RSIs und die Verwendung von Halbleitersensoren wird eine Normierung der Sensoren neben der physischen Messtechnik auch die Auswerte- und Korrekturalgorithmen systematischer Fehler umfassen. Die Notwendigkeit der Korrekturalgorithmen resultiert aus der speziellen Messmethode der RSIs. Diese Algorithmen erhöhen signifikant die Messgenauigkeit und nach der Anwendung der Korrekturen übertreffen RSIs an üblichen Solarkraftwerk-Standorten letztendlich meist die Messgenauigkeit sogenannter thermischer Sensoren zur DNI-Messung aufgrund ihrer deutlich geringeren Verschmutzungsanfälligkeit.

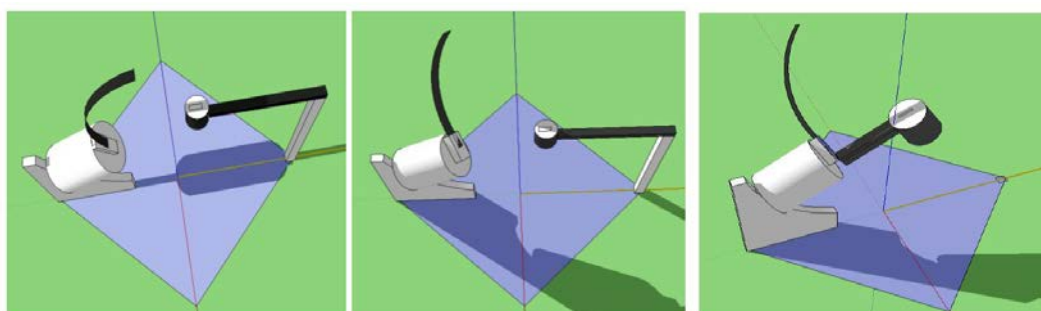


Abb.: RSI-Schattenanalyse zu verschiedenen Tageszeiten, rechts geneigter RSI

Die bisherigen Erkenntnisse und Erfahrungen sind aufzuarbeiten und teilweise zu erweitern, sodass daraus eine anwendbare Norm erstellt werden kann. Ein wichtiges fehlendes Element für die Standardisierung ist eine Analyse von RSIs nach GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) bzw. der Vornorm DIN V ENV 13005. Eine solche Analyse wird in diesem Projekt erstellt. In diesem Rahmen ist auch eine Vergleichsmesskampagne von RSIs mit Referenzsensoren an einem typischen Kraftwerk-Standort vorgesehen.

Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01.01.2014 - 31.12.2015

3.24. Standardisierung von Performancemessungen an solarthermischen Kollektorfeldern im Kraftwerksbereich

Bei solarthermischen Kraftwerken handelt es sich um industrielle Großanlagen mit einer Laufzeit von mehreren Jahrzehnten. Zur Sicherung der notwendigen Investitionen sind bei der Inbetriebnahme sowie nach größeren Wartungsarbeiten zur Charakterisierung und Qualifizierung der Anlage thermische Performancemessungen erforderlich. Diese Performancemessungen erfordern eine hochpräzise, unabhängige und vertrauenswürdige Instrumentation. Die kraftwerkseigene Instrumentation wird für einen möglichst robusten und zuverlässigen Betrieb über die gesamte Lebenszeit der Anlage zu Lasten der Messgenauigkeit ausgelegt und eignet sich nicht für die Aufnahme von Performancemessungen. Das nachträgliche Bestücken einer solchen Anlage mit konventioneller, invasiver Instrumentation ist nur mit einem großen Montageaufwand möglich und führt zu kostspieligen Produktionsausfällen. Zudem ergeben sich Sicherheitsrisiken aufgrund von möglichen montagebedingten Leckagen, die zu einer Entzündung des Wärmeträgerfluides führen können.

Alternativ hierzu wurde beim DLR ein nicht-invasives Anlegefühler-Messsystem entwickelt, welches installiert werden kann, ohne den Kraftwerksbetrieb zu beeinträchtigen. Das Messsystem wurde weiter optimiert und mittels Feldversuchen an Testständen der Plataforma Solar de Almeria sowie am ANDASOL 3 Parabolrinnenkraftwerk charakterisiert. Anhand der Ergebnisse aus den Feldversuchen konnten Korrekturfunktionen zur Reduktion der Messunsicherheiten generiert werden. Es konnte gezeigt werden, dass das Anlegefühler-Messsystem den Anforderungen für thermische Performancemessungen standhält.

Die Ergebnisse wurden in ein bestehendes Normungsverfahren der Gruppe SolarPACES Task I „Solar Thermal Electric Systems“ eingebracht (IEC/TC 117 sowie AENORSC 206). Hierzu wurden während den SolarPACES-Task-Meetings im Rahmen der SolarPACES-Konferenz 2015 die Ergebnisse vor der internationalen Task-I-Gruppe präsentiert. Des Weiteren sind die Ergebnisse in eine nationale Richtlinie zur „Dynamischen In-situ-Kollektormessung“ eingeflossen, welche auch auf den SolarPACES-Task-Meetings dem internationalen Publikum vorgestellt wurde.

Abteilung Institut für Solarforschung, Qualifizierung
Laufzeit: 01.01.2014 – 31.12.2015

3.25. CCSDS-Standardisierung Optischer Low-Earth-Orbit-Datendownlinks mit Direktempfang

Mit der Auflösungssteigerung der satellitengetragenen Erdbeobachtungssensoren wird neue Datendownload-Technologie erforderlich, welche höchste Datenraten für den Telemetrielink zur Verfügung stellt. Optische Freistrahübertragung zwischen Satellit und Bodenstation kann den konventionellen Funklink im X- / S- / oder Ka-Band zukünftig ergänzen oder auch verdrängen, da es im optischen Übertragungsspektrum keine Interferenzen zwischen den Kanälen gibt, die Systeme erheblich kleiner und leistungseffizienter gebaut werden können, und Datenraten über mehrere Gb/s mit existierenden Komponenten erreicht werden können. Daher gibt es international verschiedene Entwicklungen zu "optical LEO Downlinks" ebenso wird an der optischen Vernetzung sogenannter LEO-MegaConstellations gearbeitet. Das Institut für Kommunikation und Navigation ist aktiv in der internationalen Standardisierung solcher Kommunikationslinks innerhalb des CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) in der Arbeitsgruppe SLS-OPT (Space-Link-Systems, Optical) beteiligt.

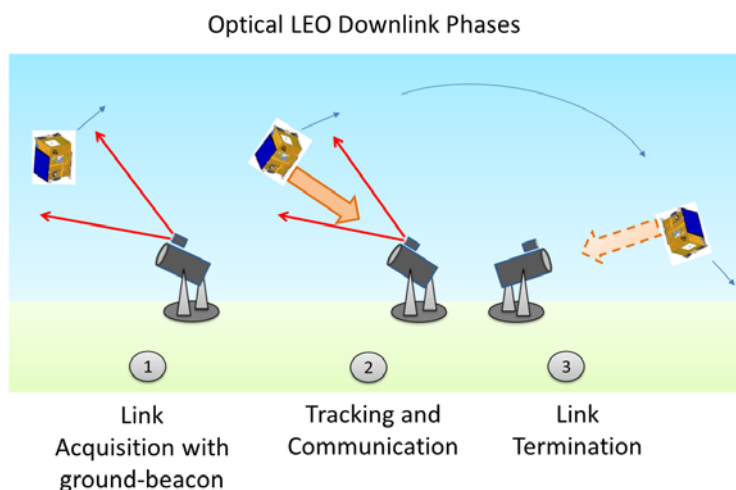


Abb.: Typische Phasen eines optischen Downlinks während eines Satelliten-Überflugs

Das Ziel dieses Projekts war die Unterstützung der Erarbeitung von Standardisierungsdokumenten des CCSDS, begleitende theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Datenformat und die Verbreitung und zur Diskussionsstellung des Standardentwurfs innerhalb der nationalen Interessensgruppe (Industrie und Institutionen), z.B. mit der Durchführung eines Workshops (OLEODL-Workshop am 10.Nov.2016 beim IKN). Technologisch wird dabei ein robustes und kostengünstiges Verfahren angestrebt, welches stabil auf atmosphärische Störungen reagiert (→ Direktempfang mit distanzangepasster Datenrate), daher auch die Bezeichnung der Arbeitsgruppe als "Low Complexity Optical Space Links" – SLS-OPT-LC.

Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur internationalen Standardisierung der zukünftigen Optischen Satelliten-Downlinks. Vorarbeiten deutscher Institutionen (BIROS-Entwicklung des DLR, LCT-Entwicklung von TESAT-SpaceCom) können so im internationalen Umfeld weiter befördert werden. Zudem ermöglicht die Abstimmung des Bodensegments optischer Downlinks eine effizientere Nutzung der zukünftigen höchauflösenden Erdbeobachtungssensoren.

Institut für Kommunikation und Navigation, Satellitennetze
Laufzeit: Februar 2016 – November 2016

3.26. Störungsindex Ionosphäre

Die Ionosphäre ist die größte natürliche Fehlerquelle für transionosphärische Signale wie sie etwa bei Globalen Navigation Satelliten Systemen (GNSS) genutzt werden. Beispiele für solche Systeme sind das US-amerikanische GPS (Global Positioning System), das russische GLONASS, das europäische Galileo und das chinesische Beidou. Geomagnetische und solare Indizes (z. B. Dst, Kp, ap, F10.7) können nur globale und indirekte Aussagen über den ionosphärischen Störungsgrad geben. Die Industrie verlangt jedoch für eine Nutzung im Bereich der Globalen Navigation Satelliten System-Dienste nach einem zeitlich und räumlich aufgelösten Störungsindex, der den aktuellen ionosphärischen Störungsgrad objektiv beschreibt.

Im Rahmen von Forschungsarbeiten im DLR ist ein ionosphärischer Störungsindex (DIX – Disturbance Index) prototypisch entwickelt worden. Dieser Index erlaubt es, den ionosphärischen Störungsgrad räumlich und zeitlich hochaufgelöst wiederzugeben.

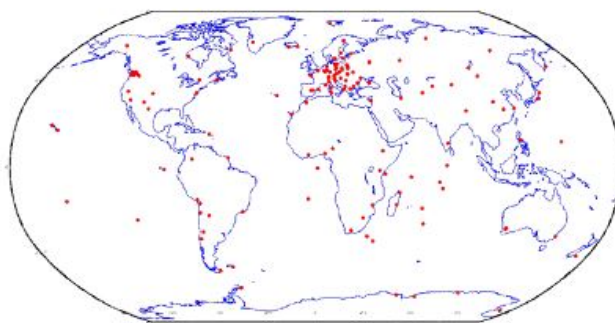


Abb.: Verteilung der GNSS-Empfängerstationen, die 1Hz-Daten zur Verfügung stellen

Ein standardisierter ionosphärischer Störungsindex würde Vergleichbarkeit schaffen und die Bewertung verschiedener GNSS Empfänger in Bezug auf ihre Robustheit gegenüber ionosphärischen Störungen ermöglichen.

In diesem Projekt wurde anhand von einer Reihe starker ionosphärischer Sturmereignisse der jüngsten Vergangenheit die Fähigkeit und Effektivität des ionosphärischen Störungsindex „DIX“ nachgewiesen und dessen messtechnische Grenzbedingungen ermittelt. Darüber hinaus wurden die Bedingungen für einen kontinuierlichen Echtzeit-Betrieb, basierend auf öffentlich zugänglichen 1-Sekunden-GNSS-Daten, von global verteilten Empfängernetzwerken (z.B. IGS, TrigNet, UNAVCO) analysiert. Ein Dienst, der diese Information zuverlässig rund um die Uhr zur Verfügung stellt, würde bei der Interpretation von und ggf. Warnung vor ionosphärischen Störungen bzw. Sturmereignissen sowie der Korrektur von dadurch gestörten Messungen sehr nützlich sein. Die Ergebnisse dieses Projekts stellen daher die Grundlage für eine zukünftige weltweite Vereinheitlichung und Anwendung eines Index dar, der den ionosphärischen Störungsgrad objektiv und zuverlässig beschreiben kann.

Institut für Kommunikation und Navigation, Navigation
Laufzeit: Januar 2016 – August 2016