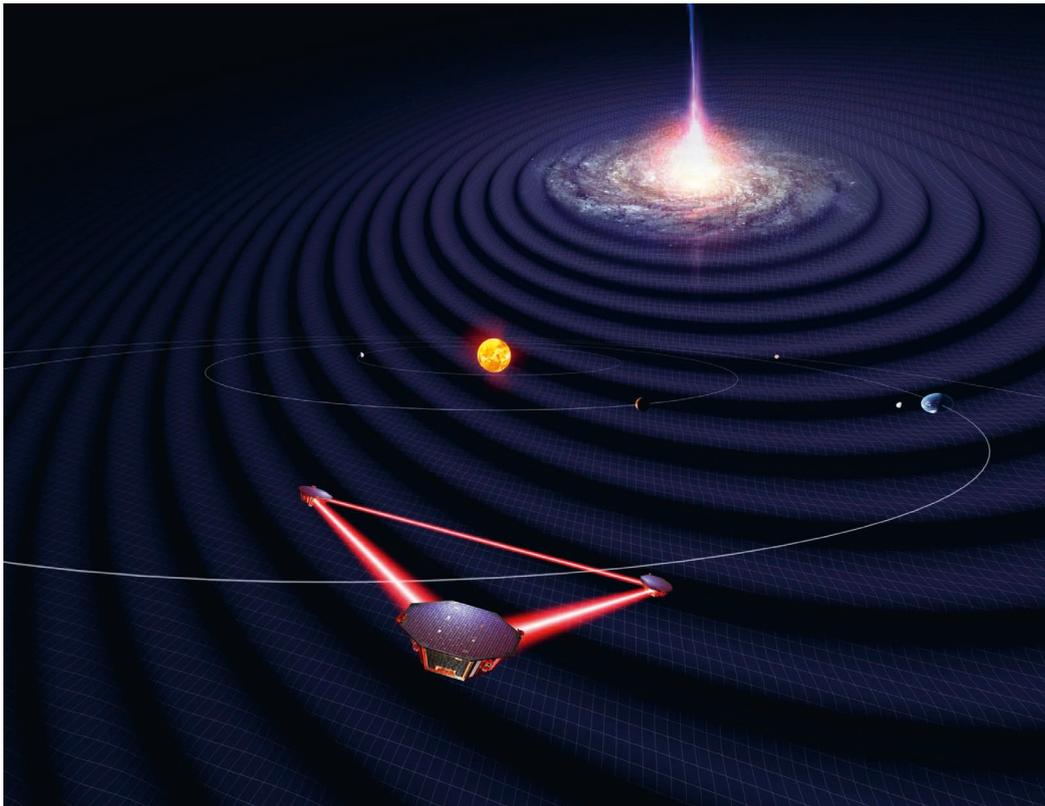


Das spannende Projekt LISA

## Koaxialkabel aus Lippstadt unterstützen Weltraummission

Das Unternehmen SSB-Electronic GmbH aus Lippstadt, das sich auf Lösungen im Bereich der Hochfrequenz spezialisiert hat, arbeitet mit der Universität von Florida zusammen und unterstützt das Team des Precision Space Systems Laboratory in einem neuen Weltraumprojekt.



Künstlerische Darstellung der LISA-Mission (© Universität von Florida)

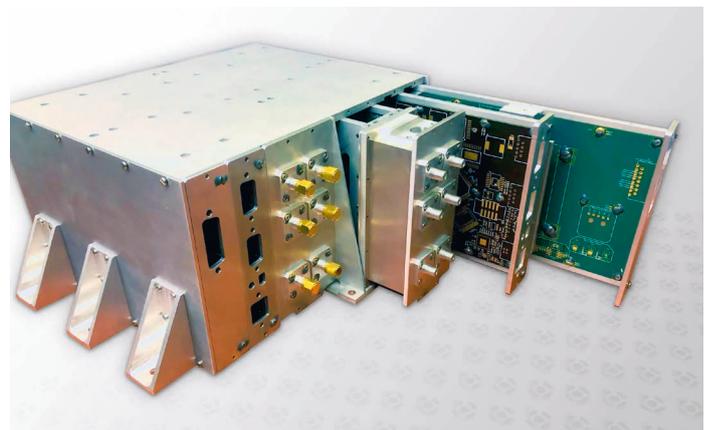
Bis Juli 2025 soll ein spezielles Ladungs-Managementsystem für die Weltraummission LISA der ESA und NASA entwickelt werden. SSB-Electronic liefert dabei seine Koaxialkabel für das Projekt, mit deren Hilfe die Einhaltung der strengen Anforderungen des LISA-Projektes überprüft werden.

LISA wäre der erste weltraumgestützte Gravitationswellendetektor (Laser Interferometer Space Antenna) und ist eines von drei ausgewählten Projekten des Cosmic-Vision-Programms der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Die von der ESA geleitete LISA-Mission ist eine Zusammenarbeit der ESA, der

NASA und eines internationalen Konsortiums von Wissenschaft-

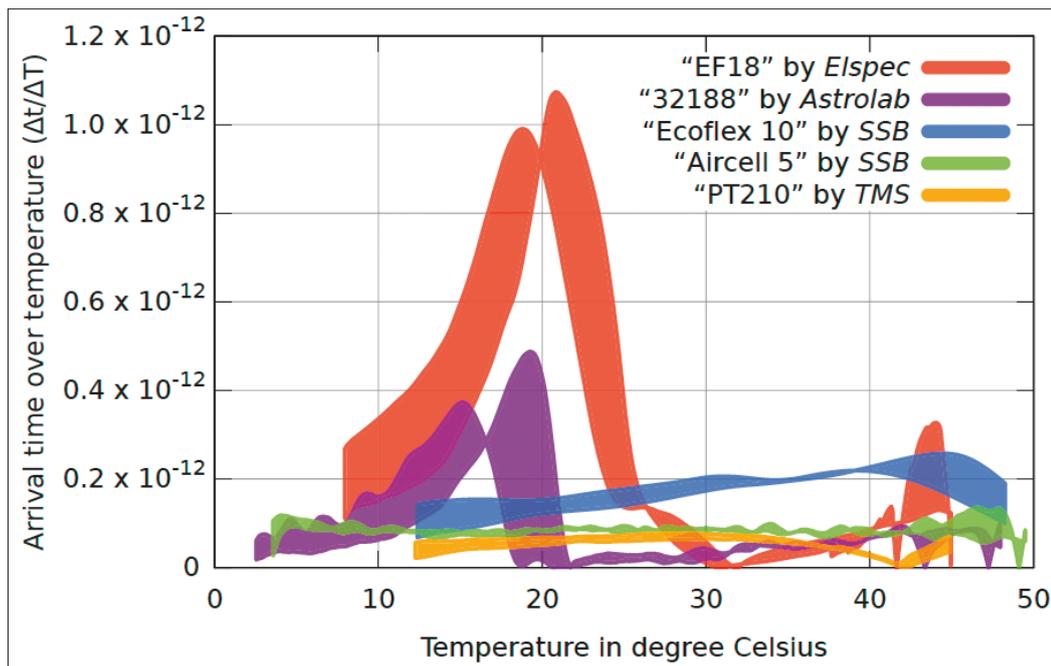
lern aus 20 ESA-Mitgliedstaaten, darunter das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Hannover, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bremen sowie zahlreiche Universitäten und Institute weltweit wie zum Beispiel die Universität Florida in den Vereinigten Staaten von Amerika [1].

LISA wird aus drei baugleichen Raumfahrzeugen bestehen, die jeweils 2,5 Mio. km voneinander entfernt der Erde auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne in einer Dreiecksformation folgen sollen [2]. Die Raumfahrzeuge werden durch Laserstrahlen miteinander verbunden sein, die die Arme eines hochpräzisen Laserinterferometers bilden. Im Gegensatz zu den bereits existierenden bodengestützten Gravitationswellendetektoren – bspw. Geo 600, LIGO oder VIRGO4 – wird LISA Gravitationswellen niedriger Frequenz zwischen 0,1 mHz und 1 Hz messen. Diese Signale sind für erdgebundene Detektoren aufgrund seismischer Prozesse im Erdinneren aber auch durch Wol-



Ein Prototyp des LISA-Lade-Management-Geräts (© Universität von Florida)

Autorin:  
Lina Schmidt, Leitung  
Produktmanagement  
SSB-Electronic GmbH  
www.ssb-electronic.de



Phasenstabilität relevanter Kabel im Vergleich [8] (© Simon Barke)

kenbewegung, Regen, Fernzüge etc. nicht detektierbar [3, 4]. Im Weltraum kann LISA den Störungen des Planeten ausweichen und aufgrund der extrem langen Arme der Dreieckskonstellation in niederfrequenten Bereichen des Spektrums Empfindlichkeiten erreichen, die von der Erde aus nicht möglich sind [5].

Das Ziel der LISA-Mission ist es, erdgebundene Detektoren zu komplementieren, um so neue Bereiche des Gravitationswellenspektrums zu untersuchen. Wie bodengestützte Detektoren basiert LISA auf der sogenannten Laserinterferometrie. Dabei werden zwei Laserstrahlen über-

lagert, die zuvor verschiedene Laufwege zurückgelegt haben. Mit dieser Methode lassen sich Dehnungen und Stauchungen der Raumzeit, sogenannte Gravitationswellen, nachweisen. Sie entstehen bei großen astrophysikalischen Ereignissen wie der Verschmelzung von Neutronensternen sowie von Schwarzen Löchern oder beim Urknall. Von der Gravitationswellendetektion mit LISA erhoffen sich Forschende weltweit neue Erkenntnisse über den Ursprung und die Entwicklung des Universums.

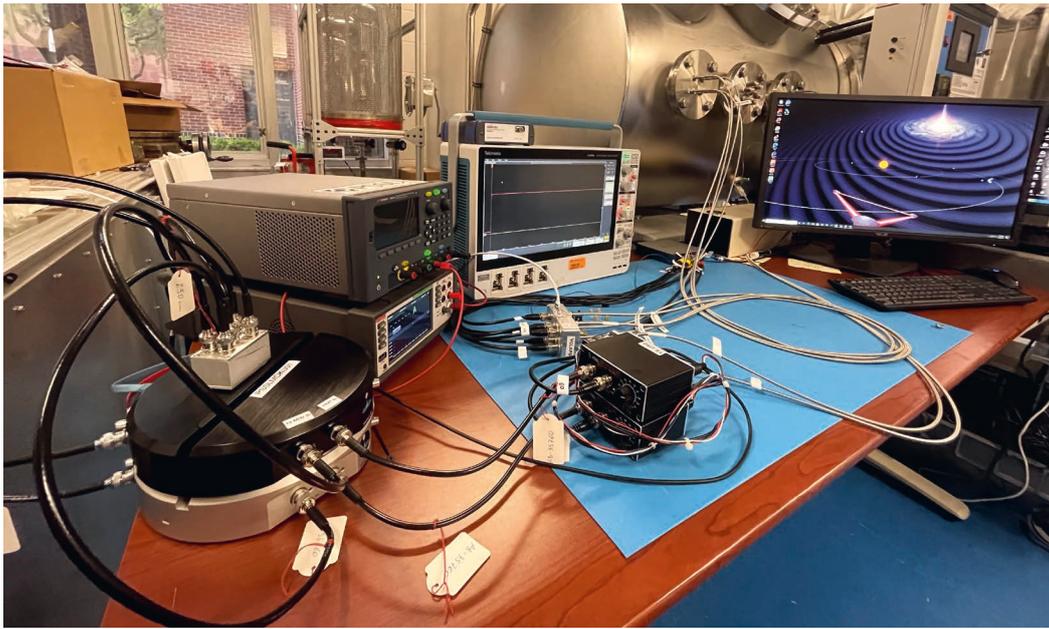
Der Start der LISA-Mission ist für 2034 geplant. Die LISA-Raumfahrzeuge werden ca. ein

Jahr brauchen, um die Umlaufbahn um die Sonne zu erreichen, und dann über den Zeitraum von etwa zehn Jahren wissenschaftliche Daten sammeln.

Für die LISA-Mission werden viele neue Schlüsseltechnologien benötigt, bspw. Highend-Optik oder Mikro-Triebwerke. In zahlreichen Projekten weltweit werden unterschiedliche Systeme und Komponenten für die Mission entwickelt. Beispielsweise arbeiten die Wissenschaftler am Exzellenzcluster Quantum Universe der Uni Hamburg an einem elektronischen Auslesesystem und optischen Aufbauten für die Bodenausrüstung.

Oder ein Team von Forschern, Professoren und Studenten der Universität von Florida rund um die Experten John W. Conklin und Peter Wass (Institut für Luft- und Raumfahrttechnik) und den in Minden geborenen Prof. Dr. Guido Müller (Institut für Physik) hat einen NASA-Auftrag in Höhe von 12,5 Mio. US-Dollar erhalten, um einen Prototyp des Ladungs-Managementsystems zu entwickeln und zu testen. Hier handelt es sich um ein UV-Lichtgerät, das die elektrische Ladung der frei fallenden Testmassen im Inneren der drei widerstandsfreien LISA-Raumfahrzeuge überwachen soll. Diese Testmassen sind Würfel aus einer Gold-Platin-Legierung mit 46 mm Kantenlänge und wiegen 2 kg. Das Gerät soll die Testmassen mit der entsprechenden Menge UV-Licht bestrahlen und so ihre Ladung auf Null halten, um unerwünschte Bewegungen der Testmassen zu verhindern [6, 7].

Koaxialkabel aus Lippstadt überprüfen die Erfüllung der Projektanforderungen. Die Koaxialkabel von SSB-Electronic werden im Rahmen des Projektes der Universität von Florida an dem dortigen Precision Space Systems Laboratory (PSSL) in Gainesville für Teststände im Rahmen der Technologieentwicklung eingesetzt. Laut dem Hannoveraner Simon Barke, einem der technischen Leiter des PSSL, hängt der Erfolg des PSSL-Teams aber auch der gesamten LISA-Mission von



**Aufbau des Teststands am Precision Space Systems Laboratory © PSSL, Universität von Florida**

der Phasenstabilität hochfrequenter Signale ab, mit deren Hilfe Abstandsänderungen zwischen den Testmassen verfolgt werden. Diese 20-MHz-Signale müssen auf ein Millionstel der Wellenlänge genau vermessen werden, was einer Zeitauflösung im Pikosekundenbereich über Stunden entspricht.

Störendes Phasenrauschen, das von jedem Gerät in der Messkette verursacht wird, würde diese extrem empfindlichen Messungen verderben. Eine begrenzende Rauschquelle sind dabei die elektrischen Kabel.

Durch Temperaturschwankungen kann sich die Länge und die elektrischen Eigenschaften des Kabels verändern, was sich in einer Phasenänderung der Signale zeigt. Für das Projekt werden somit Kabel benötigt, die die Phase eines elektrischen Signals bei Temperaturschwankungen nicht verändern.

Um die Phasenstabilität unterschiedlicher Testkabel zu beurteilen, wurde die Änderung der Ankunftszeit des Signals gegenüber der Temperaturänderung pro Meter gemessen.

Das Ausgangssignal wurde dabei geteilt und sowohl durch

das Testkabel geleitet, dessen Teilstück mit der Länge von 28 cm mit einem speziellen Gerät von 5 bis 50 °C erhitzt und abgekühlt wurde, als auch durch das Referenzkabel gleicher Länge [8]. Dabei wurden fünf relevante Kabel betrachtet, die unterschiedliche Dielektrika aufweisen: Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyethylen (PE) und TF4TM (eigenes Dielektrikum des Unternehmens TMS auf Basis von Fluorcarbon). Die Dicke der im Bild eingezeichneten Kurven entspricht der Spannweite der gemessenen Koeffizienten. Dabei zeigt sich, dass die Kabel mit Dielektrika auf PTFE-

Basis eine inhärente, nichtlineare Phasenänderung aufweisen, wenn das Material den Temperaturbereich 15...25 °C durchläuft. Diese Kabel sind somit für das LISA-Projekt ungeeignet. Koaxialkabel von SSB-Electronic hingegen, insbesondere Aircell 5, weisen einen flachen Temperaturkoeffizienten über einen weiten Temperaturbereich von 5 bis 50°C auf und gehören mit einem Koeffizienten von max.  $1,4 \times 10^{-13}$  zu den phasenstabilsten Kabeln der Branche. Daher entschied man sich, die Koaxialkabel der Serie Aircell 5 von SSB-Electronic für einen Teststand einzusetzen.

## Quellen:

- [1] [www.lisamission.org/](http://www.lisamission.org/)
- [2] Universität Hamburg: Dem Universum lauschen. Knapp 1,5 Millionen Euro Förderung für Teilnahme an ESA-Weltraummission, [www.uni-hamburg.de/newsroom/presse/2020/pm47.html](http://www.uni-hamburg.de/newsroom/presse/2020/pm47.html)
- [3] Martin Gohlke: Ein hochsymmetrisches Heterodyninterferometer zur Demonstration einer optischen Auslesung der Inertialsensoren des weltraumbasierten Gravitationswellendetektors LISA, [https://www.physics.hu-berlin.de/en/qom/publications/pdfs/DA\\_Martin\\_Gohlke.pdf](https://www.physics.hu-berlin.de/en/qom/publications/pdfs/DA_Martin_Gohlke.pdf)
- [4] [www.aei.mpg.de/344324/lisa](http://www.aei.mpg.de/344324/lisa)
- [5] <https://lisa.nasa.gov/>
- [6] Danielle Ivanov: UF awarded NASA grant for space exploration technology, The Gainesville Sun, <https://eu.gainesville.com/story/news/2021/01/09/uf-given-nasa-contract-build-lisa-cms-space-exploration-technology/4125143001/>
- [7] Prof. Dr. Karsten Danzmann: LISA Laser Interferometer Space Antenna, [www.elisascience.org/files/publications/LISA\\_L3\\_20170120.pdf](http://www.elisascience.org/files/publications/LISA_L3_20170120.pdf)
- [8] Simon Barke: Inter-Spacecraft Frequency Distribution for Future Gravitational Wave Observatories, [https://simonbarke.com/download/Simon\\_Barke-PhD\\_Thesis\\_2015-vorgelegt.pdf](https://simonbarke.com/download/Simon_Barke-PhD_Thesis_2015-vorgelegt.pdf) ◀

Cable name (manufacturer)	Dielectric material	Operating temperature	Max. frequency	VoP	Coefficient $\Delta t/\Delta T$ [s/K]
EF18 (Elspec)	low-density PTFE	-40...85°C	18 GHz	77%	$1.2 \times 10^{-12}$
32188 (Astrolab)*	low-density PTFE	-55...200°C	27 GHz	86%	$4.9 \times 10^{-13}$
Ecoflex 10 (SBB)	low-density PE	-55...85°C	6 GHz	85%	$2.6 \times 10^{-13}$
Aircell 5 (SBB)	low-density PE	-55...85°C	10 GHz	82%	$1.4 \times 10^{-13}$
PhaseTrack210 (TMS)*	proprietary TF4™	-55...150°C	29 GHz	83%	$8.0 \times 10^{-14}$

**Tabelle 1: Spezifikation der Testkabel [8] (© Simon Barke)**