

A photograph of an astronaut in a white spacesuit working on the International Space Station (ISS) in space. The astronaut is positioned at the top of the frame, reaching towards a component of the station. The ISS structure, including various modules and solar panel arrays, extends across the middle and right side of the image. The background is the deep blue of space with a thin white line representing the Earth's horizon.

Rupert Gerzer

Astronautische Raumfahrt

Beginn eines neuen Zeitalters

SACHBUCH

 Springer

Astronautische Raumfahrt

Rupert Gerzer

Astronautische Raumfahrt

Beginn eines neuen Zeitalters

 Springer

Rupert Gerzer
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin
DLR – ehem. Institutsleiter
Köln, Nordrhein-Westfalen, Deutschland

ISBN 978-3-662-64739-4 ISBN 978-3-662-64740-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-64740-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Lisa Edelhäuser

Umschlagabbildung: NASA Umschlaggestaltung: Deblík, Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Geleitwort

Astronautinnen und Astronauten haben zu allen Phasen ihrer Auswahl, ihres Trainings und ihres Fluges mit Medizinern zu tun. So stellte sich uns bei der psychologischen Auswahlrunde 1987 in Hamburg der ‚Flight Surgeon‘ der deutschen Astronauten vor und ich erinnere mich, dass ich ihn gefragt habe, womit er denn bei so wenigen Patienten sein Geld verdienen könnte. Später hat mich ‚Kucki‘ dann trotz dieser Frage über 10 Jahre durch Training und Flug begleitet.

Steht bei der Astronautenauswahl erst einmal die Garantie einer robusten Gesundheit der Ausgewählten im Vordergrund, so sind es bei der Vorbereitung für einen Raumflug und den Experimenten an Bord schon eher die Auswirkungen der weltraumspezifischen Faktoren, die Ärzt*innen und Astronaut*innen zusammen wissenschaftlich angehen.

Dass heutzutage die europäischen Astronaut*innen schon Stunden nach der Landung lächelnd und selbständig laufend in ihr Rehabilitationsquartier im :envihab einrücken können, ist nur ein überzeugendes Resultat dieser Zusammenarbeit. Längst sind technische Entwicklungen zur Unterstützung der Gesundheit der Menschen an Bord von Raumfahrzeugen nicht mehr ‚Trial and Error‘ basiert. Vielmehr wurde in den Labors im Weltall gezielt ausgehend von der phänomenologischen Ebene (man sieht das ‚Puffy Face‘, die ‚Chicken Legs‘) die neurologische, also die Steuerungsebene erforscht, um dann letztlich bis hinein in die Zellbildung zu schauen, inwieweit Schwerelosigkeit und andere Effekte den Menschen im All verändern.

Rupert Gerzer hat in den zahlreichen Missionen, die er als Direktor des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin wissenschaftlich geleitet hat, sowohl das Wohlergehen der Raumfahrer*innen im Blick gehabt, als auch

mit wissenschaftlicher Akribie die Phänomene aufklären geholfen, die uns beim Aufenthalt in der Schwerelosigkeit vor Rätsel gestellt haben, die kein irdisches Textbuch erklären kann. Ein gutes Beispiel ist der ‚Metabolic Ward in Space‘ bei meinem Flug 1997 zur MIR Raumstation, der neue Erkenntnisse zum Salzhaushalt des Körpers erbrachte. Durch die wissenschaftliche Herangehensweise, die mir als Physiker bestens bekannt war, und die penible Vorbereitung und Durchführung des Experiments konnte man das überraschende Resultat nicht wegdiskutieren. Es passt zu Rupert Gerzers Konzept, dass der Effekt dann in dem von ihm initiierten :envihab Forschungskomplex durch Liegestudien bestätigt und statistisch gefestigt wurde.

Mochte es auch bei Start und Landung in der Sojus-Kapsel sehr ruppig zugegangen sein: Letzten Endes war es für mich immer eine beruhigende Gewissheit, dass nach den Aussagen der mich begleitenden Ärzt*innen mein Körper den Belastungen des Raumflugs gewachsen sei.

Astronaut*innen und Ärzt*innen teilen das stete Staunen darüber, wie effektiv der sich in der Erdschwere evolutionär entwickelte Körper des Menschen im Weltall auf die neuen Bedingungen einstellt und wie schnell er lernt sich anzupassen. Diese im Erdorbit gewonnenen Erkenntnisse bringen Astronaut*innen und Ärzt*innen nicht nur auf die Erde zurück, sie lassen auch längere Flüge ins Weltall mit einer gesunden Crew nicht utopisch erscheinen.

Vorwort

Endlich passiert wieder etwas in der astronautischen Raumfahrt. Die Privatindustrie ist eingestiegen, neue Märkte werden erschlossen, wiederverwendbare Raketen werden gebaut, eine Raumstation wird bald den Mond umkreisen. Es ist absehbar, dass Menschen wieder auf dem Mond landen und den Bau einer Mondstation vorbereiten. Bald werden erste Tourist*innen einen Aufenthalt in einem Weltraumhotel buchen können – wenn auch zu Preisen, die für Durchschnittsbürger*innen nicht bezahlbar sind. Aber: Die Menschheit beginnt jetzt, ihre Wiege zu verlassen – ein neues Zeitalter hat begonnen!

In einigen hundert Jahren werden die Menschen bewundernd auf uns zurückschauen: Damals, also in den ersten Jahrzehnten des neuen Jahrtausends, beginnt alles. Zuvor gibt es in der astronautischen Raumfahrt heroische Paukenschläge, aber – typisch für Pionierzeiten – auch Rückschläge, die alles infrage stellen. Jetzt aber ist es endlich geschafft. Welch aufregende Zeit damals, in den 2020ern bis 2070ern, als die astronautische Raumfahrt ihren Durchbruch erlebt. Was sind schon 50 Jahre im Lauf der Geschichte?

Heute, also am Beginn dieser spannenden Zeit, haben die meisten Menschen andere Sorgen, bemerken diesen Umbruch allenfalls am Rande und sind zumindest in Deutschland meist sehr skeptisch. Kriege und bewaffnete Konflikte werden eher schlimmer und häufiger, der von Menschen gemachte Klimawandel und seine Folgen nehmen bedrohliche Ausmaße an, Flüchtlingsströme und Armut nehmen zu und früher nicht für möglich gehaltene Pandemien sind Realität geworden. Wir Menschen werden immer mehr. Unsere Lebensräume werden enger, unsere Rohstoffe

und Ressourcen weniger und die Perspektiven für die Zukunft verdüstern sich. Wir sollten also beginnen, uns nach Expansionsmöglichkeiten umzusehen. Natürlich darf dabei unser Lebensraum Erde nicht weiter zerstört werden – im Gegenteil: unsere heutige Lebensgrundlage muss erhalten bleiben. Deshalb müssen wir alles tun, um nicht nur den Klimawandel, sondern gleichzeitig auch die damit verbundene Erdausbeutung zu stoppen.

Aber das wird nicht reichen. Nicht von ungefähr warnen Experten wie der Astrophysiker Stephen Hawking (1942–2018) vor dem Untergang der Menschheit, wenn wir uns nicht innerhalb der nächsten Jahrzehnte ins All aufmachen. Wir Menschen wollen immer weiter, wollen für unsere Kinder ein besseres Leben, wollen im Konkurrenzkampf Vorteile gegenüber anderen und wollen nicht benachteiligt werden, wenn andere erfolgreicher sind, wollen uns nicht der Stagnation anpassen, sind neugierig auf Neues und hoffen auf eine gute Zukunft. Null-Wachstum anstreben klingt zwar gut, ist aber in unserer auf Erfolg getrimmten Welt nicht realisierbar – arme, ideologisch geprägte oder militärisch schwache Länder werden immer andere Länder einholen, übertrumpfen und ihnen dann Vorgaben machen wollen. Um sich also international weiter behaupten zu können, muss man wirtschaftlich stark sein. Und eine der Möglichkeiten, aus der Falle der Stagnation, aus wirtschaftlichem Abschwung und der Resignation zu entkommen, ist der Aufbruch ins All.

In Deutschland befassen sich heute im Vergleich mit den USA nur wenige Enthusiast*innen mit astronautischer Raumfahrt. Astronaut*in werden gilt bei vielen gerade noch als Kindertraum und sich mit diesem Thema zu beschäftigen wird oft belächelt oder skeptisch beäugt. Trotzdem ist staatlich geförderte Raumfahrt zur Routine geworden. Die Internationale Raumstation kommt gelegentlich in die Schlagzeilen, wenn Gefahr droht oder etwas Spektakuläres passiert. Flüge europäischer Astronaut*innen zur Raumstation schaffen es gerade noch als Randnotizen in die Medien. Andererseits haben sich kürzlich in der Europäischen Astronaut*innen-Ausschreibung über 22 000 junge Menschen beworben; das Interesse bei denen, die unsere Zukunft gestalten werden, ist also auch in Europa vorhanden.

In den USA hat die Zukunft der astronautischen Raumfahrt bereits begonnen, dort wächst eine neue Industrie mit großer Geschwindigkeit und astronautische Raumfahrt ist zum attraktiven Zukunftsthema geworden. In Europa sollten wir über diese Entwicklungen nicht nur Bescheid wissen und sie – typisch deutsch – herablassend belächeln oder mit erhobenem Zeigefinger kritisieren, sondern Wege finden, darin weiterhin eine aktive Rolle zu spielen und diese neuen Zukunftschancen zu ergreifen.

Das hier vorliegende Buch soll dem/r Leser*in helfen, einen komprimierten Überblick über den aktuellen Stand der astronautischen Raumfahrt zu erhalten, es soll aber auch beitragen, die Chancen und Möglichkeiten astronautischer Raumfahrt kennenzulernen, um dem derzeitigen Trend in Europa entgegenzuwirken, bei dem astronautische Raumfahrt häufig als überflüssige Geldverschwendung geltungssüchtiger Nationen oder als Hobby narzisstischer Milliardäre abgetan wird. Insbesondere die USA und ihre Milliardäre wollen nicht Geld verschwenden, sondern durch gezielte Investition in astronautische Raumfahrt riesige Zukunftsmärkte erschließen. Auch Russland und China und inzwischen sogar Indien gehen in diese Richtung. Warum wohl?

Das Buch soll kein Lehrbuch, noch eine Enzyklopädie sein und erhebt auch nicht den Anspruch, alle Bereiche des Themas komplett abzudecken. Es soll als Sachbuch Laien die Möglichkeit bieten, Einblicke hinter die Kulissen dieses Themas zu bekommen und sich selbst ein besseres Bild über astronautische Raumfahrt zu machen. Vielleicht hilft es auch Student*innen für einen ersten Einblick in diese Thematik.

Hauptziel des Buches ist es, wieder Begeisterung für astronautische Raumfahrt zu erzeugen, sowie Verständnis dafür, dass dieses Thema nicht nur für einige Enthusiast*innen spannend oder gar sinnlose Geldverschwendung, sondern wichtig für die künftige wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit Europas ist und dazu beitragen kann, eine lebenswerte Erde zu erhalten. Der Zug dazu fährt jetzt ab, aber die Richtung, in die er fährt, kann beeinflusst werden. Der Zug sollte in Richtung Erhaltung einer lebenswerten Erde und gleichzeitig Erhaltung wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit fahren.

Dieses Buch ist in einer möglichst gendergerechten Weise geschrieben. Der Ausdruck „bemannte Raumfahrt“ sollte in Zukunft generell nicht mehr verwendet werden und ist durch „astronautische Raumfahrt“ ersetzt, Astronauten durch Astronaut*innen etc.

Da dieses Buch eine Erstauflage ist und da ich nicht alle Bereiche bis in die Tiefe abdecken kann, werden sich sicher Fehler eingeschlichen haben. Einige Themen habe ich wahrscheinlich auch schlicht übersehen. Bitte

X Vorwort

nehmen Sie mir das nicht übel, sondern teilen Sie mir Fehler und Versäumnisse mit, damit das Buch in einer nächsten Auflage besser werden kann.

Viel Spaß beim Lesen!

München
6. Dezember 2021

Rupert Gerzer

Nachdem das Buch zum Druck eingereicht war, ist Russland in die Ukraine einmarschiert und versucht, die Weltordnung zurückzudrehen. Die im Buch getroffenen Aussagen und Folgerungen, dass sich Europa auch in der astronautischen Raumfahrt unabhängig machen soll, haben sich dadurch nicht geändert, sondern sind leider inzwischen noch aktueller geworden.

Danksagungen

Meiner Frau Franziska herzlichen Dank für die viele Geduld beim Schreiben, das mehrmalige Durchsehen des Manuskripts und die vielen Verbesserungsvorschläge!

Dem Astronauten Reinhold Ewald danke ich einerseits sehr für die für langjährige exzellente Zusammenarbeit – seine Disziplin während seines Raumflugs hat uns beispielsweise ermöglicht, wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse zur Regulation des Salzhaushaltes des Menschen zu gewinnen – und für die kritische und sehr konstruktive Durchsicht des Manuskripts, wobei er mich auf etliche fachliche „Böcke“ aufmerksam machen konnte, die ich „geschossen“ hatte.

Ohne Wikipedia, wo ich mich immer wieder absichern konnte und aus dem ich vieles Wissen wiedergeben konnte, wäre dieses Buch nicht möglich geworden. Wikipedia ist eine private Initiative, die auf Spendengelder angewiesen ist. Machen Sie es mir nach und spenden auch Sie, damit Wikipedia weiterhin kostenlos so gute Informationen liefern kann!

Dem Springer-Verlag danke ich sehr für seine Bereitschaft, das Risiko der Veröffentlichung dieses Buches zu tragen und für die viele Unterstützung, die ich von Frau Edelhäuser und Herrn Padmanaban erhalten habe.

Und zuletzt bedanke ich mich bei den vielen Kolleg*innen, die ich im Rahmen meiner Berufstätigkeit in der Raumfahrt kennenlernen durfte und deren Begeisterung, Unbekanntes zu erforschen und zu helfen, die Zukunft möglich zu machen, mich immer motiviert haben und mich generell für die Zukunft sehr optimistisch sein lassen.

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte der astronautischen Raumfahrt	1
	Was sich heute in der astronautischen Raumfahrt tut	1
	Überblick	5
	Höhe- und Tiefpunkte	11
	Erster astronautischer Raumflug – <i>Die Sowjets haben die Nase vorne</i>	11
	Erste Frauen im All – <i>Start mit Hindernissen</i>	12
	Erster Weltraumspaziergang – <i>Beinahe schiefgegangen</i>	13
	Apollo 1 – <i>Katastrophe Nr.1</i>	13
	Sojus 1 – <i>...noch eine Katastrophe</i>	14
	Sojus 5 – <i>gerade noch gutgegangen</i>	15
	Sojus 11 – <i>...und die nächste Katastrophe</i>	15
	Mondlandung – <i>aber jetzt klappts: Die USA sind im Rennen vorne</i>	16
	MIR-Station – <i>Dauerpräsenz im All ohne Katastrophe!</i>	18
	Space Shuttle – <i>teuer und risikoreich: aber erfolgreich</i>	18
	Challenger- und Columbia-Katastrophe – <i>Nachlässigkeit rächt sich</i>	21
	Deutsche Astronauten – <i>wir sind stolz auf Euch!</i>	22
	Zum Weiterlesen	25
2	Physikalische Rahmenbedingungen	27
	Weltraum	27
	Lagrange-Punkte	30

Strahlung und Magnetfeld	30
Zum Weiterlesen	34
3 Aufenthalt in Schwerelosigkeit	35
Parabelflug – <i>Kotzbomber sind wichtig</i>	35
Suborbitale Raumfahrt – „Raumfahrt“ <i>light</i>	38
Orbitale Raumfahrt – <i>auf zu neuen Ufern!</i>	40
Zum Weiterlesen	43
4 Technische Systeme	45
Raketen	45
Saturn V und Space Launch System (SLS)	45
Sojus und Angara	47
Falcon 9, Falcon heavy und Starship	49
New Shepard und New Glenn	50
Ariane, Vega und Themis	51
Langer Marsch und die Rakete 921	51
GSLV Mk III	51
Treibstoffe	52
Raumschiffe	53
Sojus- und Federazija-Raumschiff	53
Crew Dragon	55
Orion	55
Crew-Kapsel für New Shepard	56
Raumanzüge	56
ACES, IVA und SOKOL	57
Fluganzug	57
EVA-Anzug – Hightech zum Überleben im Weltraum	59
Raumstationen	63
Allgemein	63
Internationale Raumstation	66
Pläne für künftige Raumstationen	69
Künftige Mond- und Marsstationen	76
Weltraumaufzüge und Tethers	82
Astronautische und robotische Raumfahrt: Gegensätze?	84
Zum Weiterlesen	85
5 Akteure in der astronautischen Raumfahrt	87
Raumfahrtorganisationen	87
NASA	87

Roskosmos	89
ESA	92
DLR	93
CNES	95
Andere Europäische Einrichtungen	96
CSA	96
JAXA	96
CNSA	97
ISRO	98
Privatindustrie	98
Virgin Galactic	98
SpaceX	100
Blue Origin	101
Boeing	102
Lockheed Martin	102
Bigelow Aerospace	102
Orbital Assembly Corporation	103
Sierra Nevada Corporation	103
Space Adventures	103
AXIOM Space	103
Airbus Defence and Space	104
Thales Alenia Space	104
Andere Firmen	104
IAA, IAF, ASMA, COSPAR und ELGRA	104
Zum Weiterlesen	107
6 Astronaut*innen	109
Auswahl und -Training	109
Auswahl	110
Training	112
Auswirkungen von Raumflügen auf den Menschen	116
Bisher aufgetretene Gesundheitsprobleme bei Flügen der NASA	116
Beschleunigungstoleranz	117
Gleichgewichtssinn	118
Körperlänge	118
Flüssigkeitsverschiebung und Hirndruck	119
Herz- Kreislaufsystem, Muskeln, Knochen	122
Immunabwehr	124
Haut	126

Strahlung	126
Schlaf (Abb. 6.5)	129
Psyche	129
Notfall, Gefahr durch Weltraumschrott	131
Nahrung	132
Krebs	133
Zusammenfassung wichtigste Gesundheitsprobleme	133
Sex im Weltraum	134
Altern	134
Fitnessstraining im All	136
Betreuung nach der Landung	142
Zum Weiterlesen	144
7 Medizinische und lebenswissenschaftliche Forschung	145
Analog-Anlagen	145
Anlagen für die Weltraumphysiologie	150
:envihab	151
MEDES	154
IBMP	154
Trainingsanlagen zum Erlernen von Arbeiten unter Schwereelosigkeit	154
Anlagen und Spezialgeräte für Arbeiten an Zellen und kleinen Organismen	155
Kleinraketen	155
Falltürme und Fallschächte	157
Klinostaten und Random Positioning Machines	157
Zentrifugen	159
Magnetische Levitation	160
Forschungsthemen	161
Medizinische Fragestellungen	161
Zelluläre und molekulare Forschung	166
Strahlenbiologie	166
Exo- und Astrobiologie	167
Weitere Themenbereiche	169
Außerirdisches Leben im Weltall	170
Mikroorganismen	171
Intelligentes Leben	173
Zum Weiterlesen	175

8	Spin Off und Öffentlichkeitsarbeit	177
	Spin Off	177
	Öffentlichkeitsarbeit	178
	Zum Weiterlesen	181
9	Handlungsbedarf in Deutschland und Europa	183
	Zugang zum Weltraum	183
	Lebenswissenschaftliche Forschung unter Weltraumbedingungen	185
	Weltraumtourismus, Weltraumbergbau und industrielle Produktion im Weltraum	188
10	Ausblick	191
	Nachspann	193
	Stichwortverzeichnis	197

Über den Autor

Rupert Gerzer ist seit etwa 35 Jahren in der astronautischen Raumfahrt aktiv. Er studierte an der Ludwig-Maximilians-Universität München Medizin. Nach Forschungsaufenthalten in Heidelberg und in den USA sowie einer anschließenden Ausbildung in Innerer Medizin und Klinischer Pharmakologie wurde er 1992 zum Direktor des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln und zum Lehrstuhlinhaber Flugmedizin der RWTH Aachen berufen. Diese Positionen hatte er bis zu seiner Emeritierung 2015 inne. Während dieser Zeit nahm sein Institut an vielen Raumflugmissionen teil, betreute deutsche und ESA-Astronaut*innen und arbeitete in der Raumfahrtmedizin und lebenswissenschaftlichen Forschung unter Weltraumbedingungen weltweit mit vielen Wissenschaftlergruppen zusammen. Viele Kooperationsprojekte führten ihn in verschiedenste Raumfahrtzentren und zu entsprechenden Forschergruppen in Europa, den USA, Kanada, Brasilien, Russland, China und Japan. Durch Mitarbeit in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien lernte er auch vieles über Strategien einzelner Länder in der astronautischen Raumfahrt kennen. Es gelang ihm in dieser Zeit, die Mittel für die Errichtung einer weltweit einmaligen Forschungsanlage, :envihab, einzuwerben, in der inzwischen in enger Zusammenarbeit mit der NASA und der ESA Regelmechanismen Gesunder in großen standardisierten Studienkampagnen untersucht werden. Nach seiner Emeritierung war er am Aufbau der in Kooperation mit dem Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) in Boston, MA, USA, neu gegründeten englischsprachigen Elite-Universität Skoltech in Moskau beteiligt und war für mehrere Jahre deren stellvertretender Präsident. Inzwischen lebt er mit seiner Frau in München und in Au am Inn.

Abkürzungsverzeichnis

ACES	Advanced Crew Escape Suit <i>von Shuttle Astronaut*en bei Start und Landung getragener Raumanzug</i>
AMS	Alpha Magnet Spektrometer <i>über eine Milliarde Dollar teures Experiment auf der ISS zum Nachweis dunkler Materie und dunkler Energie</i>
ARED	Advanced Resistive Exercise Device <i>Trainingsgerät auf der ISS zum „Gewicht heben“</i>
ASE	Association of Space Explorers <i>Vereinigung geflogener Astronaut*innen</i>
ASMA	Aerospace Medical Association <i>US-amerikanische Gesellschaft für Luft- und Raumfahrtmedizin</i>
ATV	Automated Transfer Vehicle <i>Nachschubkapsel der ESA für die ISS zwischen 2008 und 2014</i>
BEAM	Bigelow Expandable Activity Module <i>Aufblasbares Raumstationsmodul der Firma Bigelow Aerospace</i>
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung <i>Bundesforschungsministerium</i>
CEVIS	Cycle Ergometer, Vibration Isolated <i>Vibrationsgesichertes Fahrradergometer auf der ISS</i>
CNES	Centre National d'Études Spatiales <i>Französische Raumfahrtagentur</i>
CNSA	China National Space Administration <i>Chinesische Raumfahrtagentur</i>

XXII Abkürzungsverzeichnis

COLBERT	C ombined O perational L oad- B earing E xternal R esistive T readmill <i>Vibrationsgesichertes Laufband auf der ISS</i>
COSPAR	C ommittee of S PAce R esearch <i>Raumfahrt-Unterorganisation des International Science Council ISC, einer Vereinigung von weltweit über 140 Wissenschafts- organisationen</i>
C.R.O.P.	C ombined R egenerative O rganic food P roduction <i>Forschungsinitiative des DLR zur Bioregeneration; inzwischen als Spin off-Projekt zur Produktion von Dünger aus Gülle</i>
CSA	C anadian S pace A gency <i>Kanadische Raumfahrtagentur</i>
DARPA	D efense A dvanced R esearch P rojects A gency <i>Forschungsorganisation des US-amerikanischen Militärs</i>
DFG	D eutsche F orschungs G emeinschaft <i>Selbstverwaltungseinrichtung zur Förderung der Wissenschaft und Forschung in Deutschland</i>
DLR	D eutsches Zentrum für Luft- und R aumfahrt <i>Raumfahrtagentur und Großforschungseinrichtung, die inter- national die Raumfahrtinteressen Deutschlands vertritt</i>
EAC	E uropean A stronaut C enter <i>Europäisches Astronautenzentrum der ESA in Köln</i>
EDEN-Initiative	E volution and D esign of E nvironmentally-closed N utrition- sources <i>Initiative des DLR zur Erzeugung von Nahrung in einem weitgehend geschlossenen System</i>
ELGRA	E uropean L ow G ravity R esearch A ssociation <i>Europäische wissenschaftliche Vereinigung von Akteuren in der Mikrogravitationsforschung</i>
EMS	<i>Elektromyostimulation</i>
EMU	E xtravehicular M obility U nit <i>amerikanischer Anzug für Weltraumspaziergänge</i>
:envihab	E NVIronmental H ABitat, <i>weltweit einzigartige Forschungsanlage für Analogstudien zu Auf- enthalten im Weltall</i>
ESA	E uropean S pace A gency <i>Europäische Raumfahrtagentur</i>
ESRANGE	E uropean S pace and S ounding R ocket R ANGE <i>Schwedischer Startplatz für Forschungsraketen und -Ballone in der Nähe von Kiruna</i>

EVA	ExtraVehicular Activity <i>Weltraumspaziergang</i>
FAI	Fédération Aéronautique Internationale <i>Internationaler Luftsportverband</i>
HERA	Human Exploration Research Analog <i>Forschungsanlage der NASA in Houston zur Durchführung von Isolationsstudien zur Vorbereitung von Aufenthalten auf Mond- oder Marsstationen</i>
HGF	Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren <i>Größte deutsche Organisation zur Förderung und Durchführung von Forschung</i>
HIS	Humans In Space <i>Alle zwei Jahre stattfindender Weltkongress der Raumfahrtmedizin der IAA</i>
IAA	International Academy of Astronautics <i>Weltweite Akademie der Raumfahrt mit maximal 2000 Mitgliedern</i>
IAC	International Astronautical Congress <i>Jährlicher gemeinsamer Weltkongress der Raumfahrt von IAAC, IAF und dem International Institute of Space Law</i>
IAF	International Astronautical Federation <i>Weltweite Gemeinschaft von Behörden, Wissenschaftsorganisationen, Universitäten und Industriefirmen, die in der Raumfahrt tätig sind</i>
ISS	International Space Station; <i>Internationale Raumstation</i>
IVA Suit	Intravehicular Activity SUIT, auch Crew Dragon Pressure Suit <i>Von Passagier*innen der Fa. SpaceX bei Start und Landung getragener Druckanzug</i>
JAXA	Japan Aerospace EXploration Agency <i>Japanische Raumfahrtagentur</i>
JSC	Johnson Space Center in Houston, Texas <i>Heimatbasis der amerikanischen Astronaut*innen</i>
MAG	Maximum Absorbance Garment <i>bei Weltraumspaziergängen getragene Windel</i>
MDRS	Mars Desert Research Station <i>Von der MARS Society betriebene Station in Utah zur Durchführung von Vorbereitungsstudien künftiger Aufenthalte auf dem Mars</i>
MEDES	Institut de MEDécine Et de Physiologie Spatiales <i>Institut für Raumfahrtmedizin und -Physiologie der CNES in Toulouse</i>

XXIV **Abkürzungsverzeichnis**

MELISSA	Micro-Ecological LIfe Support System Alternative <i>ESA-Projekt zur Untersuchung von Recycling-Methoden von menschlichen Ausscheidungen und Biomüll bei Langzeit-Raumflügen</i>
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik <i>Für Deutschlands wirtschaftliche Leistungsfähigkeit essenzielle Fächer</i>
M.I.T.	Massachusetts Institute of Technology <i>in Boston, Massachusetts, USA weltweit führende technische Hochschule</i>
MPG	Max Planck-Gesellschaft <i>Eine der führenden deutschen Institutionen im Bereich der Grundlagenforschung</i>
N1	Nositel 1 <i>Von der Sowjetunion entwickelte Rakete für bemannte Mondflüge. Das Programm wurde nach der ersten Mondlandung der USA und einigen Fehlschlägen 1974 eingestellt</i>
NASA	National Aeronautics and Space Administration <i>US-amerikanische Raumfahrtagentur</i>
NBF	Neutral Buoyancy Facility <i>Tauchbecken zum Training von Weltraumspaziergängen</i>
NEEMO	NASA Extreme Environment Mission Operations <i>Forschungsprogramm der NASA zum Leben auf einer Raumstation in einem Unterwasserlabor in Key Largo, Florida</i>
NIH	National Institutes of Health <i>Wichtigste US-amerikanische Behörde für biomedizinische Forschung</i>
NSF	National Science Foundation <i>Wichtigste US-amerikanische US-Behörde für nicht-medizinische Grundlagenforschung</i>
Orlan	russisch für Seeadler: <i>von Kosmonaut*innen benutzter Raumanzug für Weltraumspaziergänge</i>
PET-MRT	PositronenEmissionsTomographie-MagnetResonanzTomographie <i>Bildgebende Verfahren in der Medizin</i>
ROSS	Russian Orbital Service Station <i>Geplante neue russische Raumstation</i>
SETI	Search for ExtraTerrestrial Intelligence <i>Suche nach intelligentem Leben im Weltall</i>
SLS	Space Launch System <i>neue Rakete der NASA für Flüge zum Mond und Mars</i>
SOKOL	russisch für „Falke“ <i>russischer Anzug für Starts und Landungen</i>

TRISH	T ranslational R esearch I nstitute of S pace H ealth <i>von der NASA finanziertes Institut zur Klärung von Fragen der Weltraummedizin am Baylor College of Medicine in Houston, TX.</i>
UdSSR	U nion d er S ozialistischen S owjet R epubliken <i>ehemalige Sowjetunion</i>
UTC	U niversal T ime C oordinated <i>koordinierte Weltzeit (Mittleuropäische Zeit + 1 Stunde)</i>
UTMB	U niversity of T exas M edical B ranch in Galveston, Texas <i>Basis der medizinischen Betreuung der US-Astronaut*innen</i>
V2	V ergeltungswaffe 2 <i>erste, im 2. Weltkrieg eingesetzte Rakete, die den Weltraum erreichte</i>
VIP	V ery I mportant P erson <i>sehr wichtige Person</i>
ZARM	Z entrum für A ngewandte R aumfahrt T echnologie und M ikro- g ravitation <i>wiss. Institut mit Fallturm in Bremen</i>