Strategische Forschungskooperation GSI - TU DA: FAIR Beschleunigerprojekte

Seit der Gründung der GSI im Jahr 1969 gibt es eine enge Zusammenarbeit zwischen GSI und vielen Universitäten. Zunächst mit vielen Einzelverträgen (bis zu 80 Verträge, Laufzeit meist 3 Jahre). In 2009 wurden mit den "benachbarten" Universitäten (HD, GI, F, TU DA, MZ) längerfristige Vereinbarungen (6 Jahre) getroffen, die alle Arbeitsgruppen an einer Uni umfassen (Vol. 4,4 Mio. € p.a.). In 2015 hat die GSI Fortsetzungsverträge mit einem Gesamtvolumen von max. 3,0 Mio. € p.a (bis 2021/2023) abgeschlossen (*). Konkrete Beschleunigerarbeiten für das FAIR-Projekt sollten zukünftig aus FAIR-Projektmitteln finanziert werden (und nicht mehr aus der GSI Grundfinanzierung).

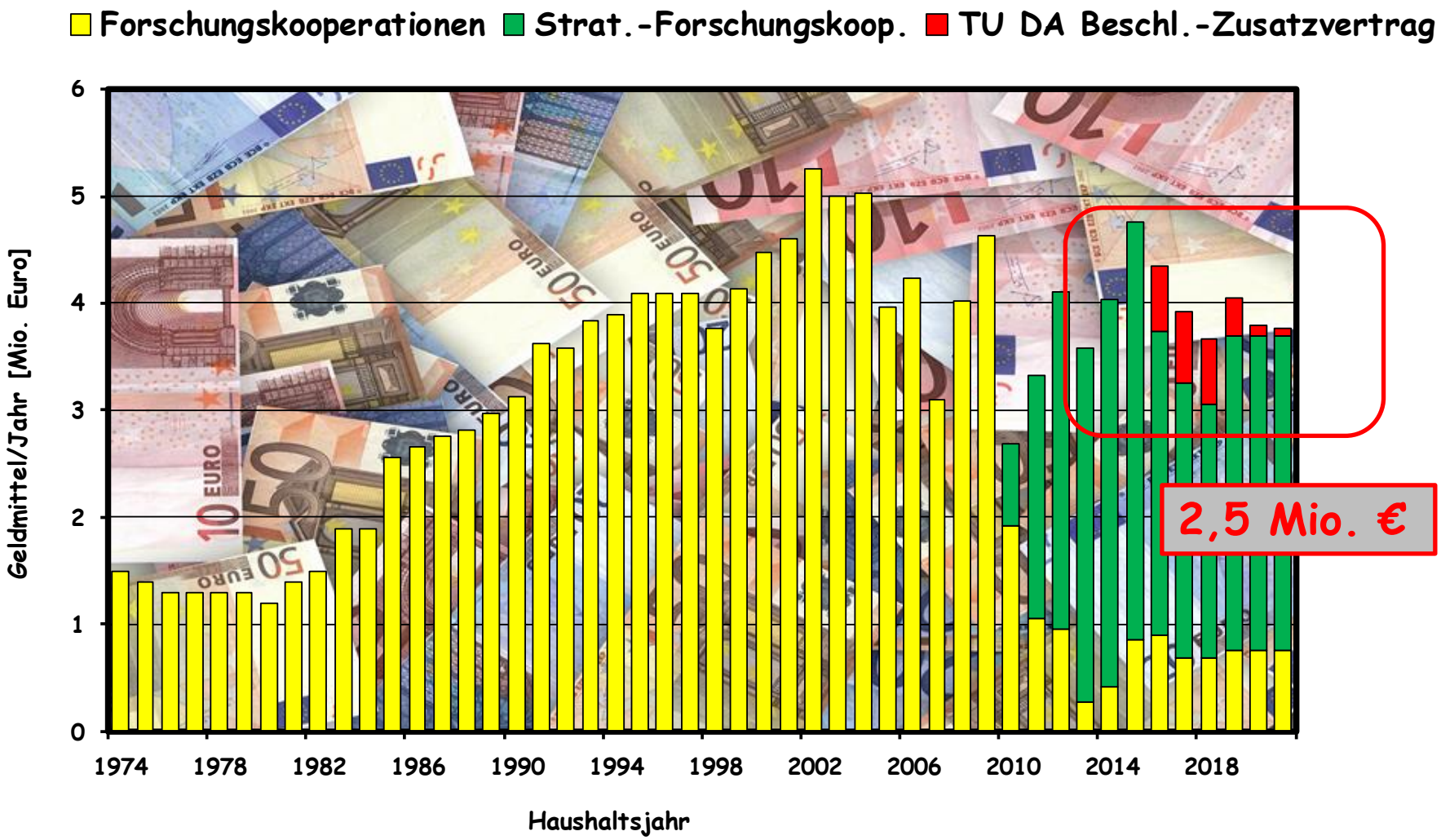
PROBLEM: In 2016 konnte kein Zusatzvertrag abgeschlossen werden und so wurden die Rechnungen der TU DA für bereits begonne und von GSI im Einzelfall "bestellte" Arbeiten erst im Nov. 2016 beglichen (aus der Grundfinanzierung). Im April 2017 folgte dann die Unterzeichnung des Zusatzvertrags für die FAIR-Beschleunigerprojekte (**) ABER es wurde versäumt die notwendigen Budgets einzustellen, so dass wieder erst im Nov. 2017 die TU DA Rechnungen bezahlt wurden. Ab 2018 ist das für die in der Tabelle des Zusatzvertrags vereinbarten Arbeiten das Budget eingestellt so das ab 2018 eine zeitnahe Zahlung möglich ist. Das 1. Quartal 2018 wurde im Juli überwiesen, das 2. Quartal ist in der Mitzeichnung.

WICHTIG: Neue Arbeitspakete müssen innerhalb der 2,5 Mio. € bleiben, im Budget abgebildet sein und von dem GSI-Projektleiter sowie Herrn Blaurock abgezeichnet sein. Koordinator an der TU DA ist Hr. Boine-Frankenheim.

(*) Der Vertrag mit der TU DA wurde von 1,4 to 1,0 Mio. € reduziert

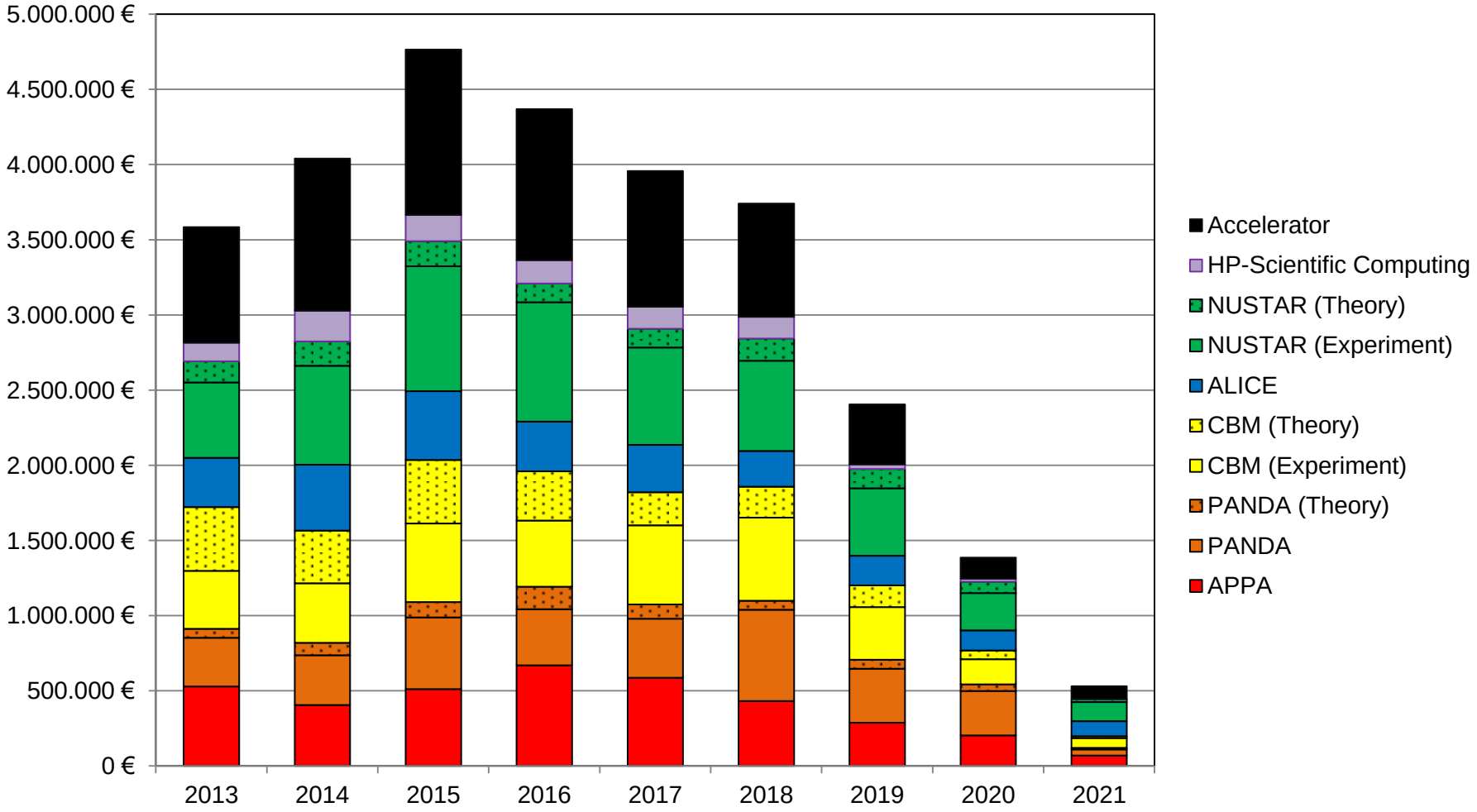
(**) Gesamtvolumen 2,5 Mio. für 6 Jahre, ab 01.01.2016!.

GSI Forschungskooperationen mit Universitäten (Stand: 09.2018, ab 2019 Plan / Schätzung!)



(Strategische) Forschungskooperationen "Alle / IST"

ca. 120 Doktoranden und einige Postdocs



Strategische Zusammenarbeit TU Darmstadt

Verlängerung unterzeichnet Dez. 2015,

Darmstadt, den 10. 11. 2015

GSI Helmholtzzentrum
für Schwerionenforschung GmbH

Ursula Weyrich

Prof. Dr. Karlheinz Langanke

Darmstadt, den 01. 12. 2015

Der Präsident der
Technischen Universität Darmstadt

Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel

Laufzeit:

01.01.2016 – 31.12.2021

Institut für Angewandte Physik (IAP)

1. Gerhard Birkl - FuE-Forschungsfeld: APPA: SPARC
2. Thomas Walther - FuE-Forschungsfeld: APPA: SPARC

Institut für Kernphysik (IKP)

1. Markus Roth - FuE-Forschungsfeld: APPA: HEDgeHOB
2. geplant: Vincent Bagnoud - FuE Forschungsfeld: APPA: HEDgeHOB
3. Wilfried Nörtershäuser - FuE-Forschungsfeld: APPA/SPARC und NUSTAR: LASPEC/ MATS
4. Tetyana Galatyuk - FuE-Forschungsfeld: CBM / HADES
5. Norbert Pietralla - FuE-Forschungsfeld: NUSTAR: HISPEC / DESPEC
6. Thomas Aumann - FuE-Forschungsfeld: NUSTAR: R3B / EXL / SFRS
7. Joachim Enders - FuE-Forschungsfeld: NUSTAR: R3B / EXL
8. Thorsten Kröll - FuE-Forschungsfeld: NUSTAR: R3B / EXL
9. Bengt Friman - FuE-Forschungsfeld: Theorie Starke Wechselwirkung
10. Karlheinz Langanke - FuE-Forschungsfeld: Theorie Kernstruktur und nukleare Astrophysik
11. Gabriel Martinez-Pinedo - FuE-Forschungsfeld: Theorie Kernstruktur und nukleare Astrophysik
12. Almudena Arcones - FuE-Forschungsfeld: Theorie Nukleare Astrophysik
13. Robert Roth - FuE-Forschungsfeld: Theorie Kernstruktur
14. Achim Schwenk - FuE-Forschungsfeld: Theorie Starke Wechselwirkung
    Herr Schwenk erhält im Rahmen dieses Kooperationsvertrages bis zu zwei Doktorandenstellen
15. Guy Moore - FuE-Forschungsfeld: Theorie Starke Wechselwirkung
16. Jochen Wambach - FuE-Forschungsfeld: Theorie Starke Wechselwirkung
17. Hans-Werner Hammer - FuE-Forschungsfeld: Theorie Kernstruktur und Starke Wechselwirk.
18. Jens Braun - FuE-Forschungsfeld: Theorie Kernstruktur und Starke Wechselwirk.
19. Matthias Lutz - FuE-Forschungsfeld: Theorie Hadronen

Institut für Festkörperphysik (IFP)

1. Marco Durante - FuE-Forschungsfeld: APPA: BIOMAT

Fachbereich Material- und Geowissenschaften (FMG)

1. Wolfgang Ensinger - FuE-Forschungsfeld: APPA: BIOMAT
2. Christine Trautmann - FuE-Forschungsfeld: APPA: BIOMAT

Institut „Theorie elektromagnetischer Felder“ (TEMF)

1. Oliver Boine-Frankenheim - FuE-Thema: Beschleuniger (ACC)
2. Harald Klingbeil - FuE-Thema: Beschleuniger (ACC)

Zusatzvertrag Mai 2017, 2.499.999 €, aktualisiert 02.05.2018

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH
Planckstraße 1
64291 Darmstadt
www.gsi.de

GSI · Planckstraße 1 · 64291 Darmstadt · Deutschland

An den Präsidenten der
Technische Universität Darmstadt
Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Jürgen Prömel
Karolinenplatz 5
64289 Darmstadt

Geschäftsführung

Wissenschaftlicher Geschäftsführer
Prof. Dr. Paolo Giubellino
Telefon +49-6159-71-2648
P.Giubellino@gsi.de

Administrative Geschäftsführerin
Ursula Weyrich
Telefon+49-6159-71-2646
U.Weyrich@gsi.de

Technischer Geschäftsführer
Jörg Blaurock
Telefon+49-6159-71-3290
J.Blaurock@gsi.de

2. Mai 2018

Geschäftsführung:
Professor Dr. Paolo Giubellino
Ursula Weyrich
Jörg Blaurock

Vorsitzender des Aufsichtsrates:
Staatssekretär Dr. Georg Schütte

Sitz: Darmstadt
Amtsgericht Darmstadt HRB 1528

VAT-ID: DE 111 671 917
Landesbank Hessen/Thüringen

BLZ 500 500 00 . Konto 50 01865 004
IBAN DE56 5005 0000 5001 8650 04
BIC HELA DE FF

Strategische Forschungskooperation GSI – TU Darmstadt
hier: Vertrag vom 22./30.05.2017
Teilaufgaben für das FAIR Projekt gemäß Anlage A)

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. Dr. h.c. Prömel,

in der Anlage A) zu dem o.g. Zusatzvertrag werden die Teilaufgaben einiger Arbeitsgruppen an der TU Darmstadt für das FAIR Projekt und deren Finanzierung im Rahmen des Zusatzvertrages aufgelistet. Da zwischenzeitlich einige Teilaufgaben zusätzlich in den Rahmen des Vertrags übernommen wurden, möchten wir dies zum Anlass nehmen und die Anlage erweitern (neue Bezeichnung: Anlage A -1). Sie finden diese Tabelle als Anhang zu diesem

nden sind und diese
ibens nebst Anlage
armstadt und dem
oine-Frankenheim.

Gleichzeitig möchten wir mit diesem Schreiben als Nachfolge für Herrn J. Henschel, der im Vertrag als Koordinator für die GSI benannt ist, Herrn J. Blaurock als zukünftigen GSI-Koordinator für diesen Vertrag benennen. Bitte nehmen Sie weitere Teilaufgaben nur in Absprache und nach Zustimmung durch Herrn Blaurock in den Vertrag auf.

Mit freundlichen Grüßen

Ursula Weyrich
Administrative Geschäftsführerin

Jörg Blaurock
Technischer Geschäftsführer

Anlage: Aktualisierte Anlage A-1)

Druckdatum: 02.05.2018

Anlage A-1 zum Forschungs- und Entwicklungsvertrag zwischen GSI und TU Darmstadt vom 22./30.05.2017 (Stand der Anlage 05.04.2018, jährlich zu aktualisieren)

	Teil-projekt-nummer	Kurzbezeichnung	Vorhabenbeschreibung	Laufzeitende (spätestens 31.12.2021)	TU Ver-antwortlicher	Ansprech-partner bei GSI	finanziert wird....	"IST" / "Soll" 2016	2017 = IST!	2018	2019	2020	2021	Gesamt
entspricht Inhalt Anlage A zum Zeitpunkt Vertragsabschluss (Pos. 1 - 12) Abweichung: Kosten mitlerweile entsprechend Bedarfen angepasst	1	Raumladungs-kompensation in Synchrotrons, Strahldynamik	Raumladung ist die wesentliche Intensitätsbeschränkung für Ionenstrahlen im SIS18 und SIS100. Es werden Studien bzw. strahldynamische Untersuchungen des Einsatzes von Elektronenlinsen im SIS18 und SIS100 zur Raumladungskompensation durchgeführt.	31.12.2018	O. Boine-Frankenheim	P. Spiller	William Stern (100 % E13)	Nicht auf Einzelvorhaben aufgeschlüsselt	36.609 €	62.213 €				98.822 €
	2	Feldberechnung Strahldynamik Super-FRS	Ziel ist die Optimierung der Auflösung des SFRS unter Berücksichtigung realistischer Felddaten. Die Felddaten sollen zum einen simuliert und zum anderen gemessen werden. Untersucht wird der Einfluss verschiedener Approximationen in COSY-Infinity und MADX. Es werden Studien zu dem Einfluss überlappender Felder durch parametrisierte Modelle durchgeführt.	30.06.2018	O. Boine-Frankenheim	H. Weick	Erika Kazantseva (100 % E13)		65.988 €	33.030 €				99.018 €
	3	Simulationsstudien der langsamen Extraktion aus SIS18/100.	Simulation der langsamen Extraktion aus Synchrotrons unter Berücksichtigung optimierter Rauschspektren. Studien und Messungen am HIT und bei GSI. Untersuchung von Verfahren und ihrer Robustheit gegenüber Spillfluktuationen in enger Kooperation mit GSI und HIT.	30.04.2019	J. Adamy	O. Boine-Frankenheim	Fiona Faber (25 % E13)		12.409 €	7.625 €	2.440 €			22.474 €
	4	Hochstromeffekte in den FAIR Beschleunigern	Studien zu Hochstromeffekten und Begrenzungen in den FAIR Linacs und Synchrotrons. Mitbetreuung von Doktoranden.	31.01.2020	O. Boine-Frankenheim	O. Boine-Frankenheim	Ingo Hofmann (Gastwissenschaftler)		18.000 €	18.000 €	18.000 €	1.500 €		55.500 €
	5	Steuerung und Regelung von MA-basierten Kavitäten	Für SIS100 / ESR werden Barrier-Bucket-Systeme studiert, die auf breitbandigen MA-Kavitäten mit niedriger Güte basieren. Solche Kavitäten weisen Nicht-Linearitäten und nicht ideale Frequenzgänge auf. Um am Gap der Kavität trotzdem Barrier-Bucket-Signalverläufe (Single Sinus) mit hoher Signalqualität erzeugen zu können, sind deshalb neuartige Steuer- und Regelsysteme erforderlich. Bei den SIS100-Bunch-kompressor-Systemen kommen ebenfalls MA-Kavitäten zum Einsatz. Diese besitzen zwar eine etwas höhere Güte, aber im Hinblick auf die sehr kurzen Strahlpulse ist das Beamloading eine große Herausforderung für die HF-Steuer und Regelkreise.	30.09.2018	H. Klingbeil	H. Klingbeil	Dilyana Domont-Yankulova (80% E13)		42.239 €	31.095 €				73.334 €
	6	Optimierung von Barrier-Bucket-HF-Systemen	Die erzielbaren Gapspannungen und die Signalqualität hängen bei Barrier-Bucket-HF-Systemen maßgeblich von der Breitbandigkeit der Kavität incl. Endstufe ab. Nicht erst durch das Zusammenschalten von Kavität und Endstufe wird der Frequenzgang unübersichtlich. Bereits die Kavität selbst weist durch die Ringkerneigenschaften in Kombination mit Koppelschleifen, diskreten und verteilten Elementen ein sehr komplexes Verhalten auf. Zahlreiche Voruntersuchungen zeigen, dass das Gesamtverhalten oberhalb von etwa 3 bis 5 MHz nur schwer vorauszusagen ist. Ziel ist es, diese Zusammenhänge zu studieren und Modelle zu erarbeiten, die es ermöglichen, das Verhalten des Gesamtsystems mit hoher Sicherheit vorauszusagen. Basierend darauf sollen Optimierungen vorgeschlagen und umgesetzt werden.	01.02.2019	H. Klingbeil	H. Klingbeil	Jens Harzheim (100% E13)		51.763 €	52.713 €	4.217 €			108.693 €
	7	Systemdesign Bunch-to-Bucket Transfer SIS18/100	Ziel der Studie ist es, einen deterministischen Bunch-to-Bucket zu realisieren. Hierbei wird eine flexible, modulare Umsetzung am Beispiel des Strahltransfers SIS18 nach ESR angestrebt, die es erlaubt, die erarbeiteten Lösungen auf eine Vielzahl von verschiedenen Synchrotrons und möglichen Testszenarien für FAIR (z.B. SIS18 nach SIS100, SIS100 nach CR, CR nach HESR) zu übertragen. Der Determinismus des Systems wird auf den Timing-Systemen White Rabbit und BuTIS basieren.	30.09.2017	H. Klingbeil	H. Klingbeil	Thibault Ferrand (100% E13, beendet)		35.012 €					35.012 €
	8	Kalibrierung der HF-Signale von Synchrotron-Kavitäten	Um die hohe Strahlqualität in Schwerionenbeschleunigern garantieren zu können, müssen hohe Anforderungen an die Phasen- und Amplitudengenauigkeit der Beschleunigungsspannungen in den HF-Kavitäten gestellt werden. Daher ist eine Kalibrierung der Kavitäten für die Synchrotrons SIS18 und SIS100 notwendig. Aufgrund von unvermeidlichen Längenunterschieden bei Hin- und Rückleiter dieser Kavitäten kommt es beispielsweise zu einem frequenzabhängigen Verhalten, welches sich während der Beschleunigungsrampe bemerkbar macht. Durch die große Anzahl von Kavitäten im SIS100 steigen die Anforderungen an den Kalibrierungsprozess erheblich. Es soll daher eine Methode entwickelt werden, um den Kalibrierungs-prozess mit möglichst wenigen Messungen automatisiert durchführen zu können.	31.05.2019	H. Klingbeil	H. Klingbeil	Aleksandr Andreev (70% E13)		44.783 €	45.750 €	18.300 €			108.833 €
	9	Messwertaufnahme für den Bunch-to-Bucket-Transfer	Im Rahmen des determ. Bunch-to-Bucket Vorhabens ist eine Hardwarearchitektur zu entwerfen, die ein analoges Signal bei gleichzeitig präziser Zeitmessung (< 300ps) erfasst. Eine analog/digitale Meßaufnehmerkarte ist zu konzipieren und praktische Entwurfsprobleme (Rauschen, Übersprechen, Einkopplung, Jitter, etc.) zu lösen.	31.12.2017	K. Hofmann	H. Klingbeil	Oliver Bachmann (beendet)		48.059 €					48.059 €
	10	Regelungssystemtheorie zur Strahlstabilisierung: Einfluss von leeren Buckets auf HF-Regelsysteme	SIS100 verfügt über 14 Ferrit-Kavitäten mit jeweils eigenen Regelkreisen (Amplitudenregelung, kavitätensynchronisation, Eigenfrequenzregelung). Wegen vergleichsweise geringer Güten (Q<100) und da immer leere Buckets im Ring vorhanden sein werden, wird das Auftreten von stationärem und transientem Beamloading erwartet. Dadurch wird das geplante Bunch-By-Bunch Feedback System mit den Regelkreisen der Kavitäten verkoppelt. Ziel ist eine detaillierte Studie aller relevanten Regelkreise und Analyse des Beamloadings auf die gesamte Regelungs-Architektur des SIS100 und die Untersuchung der Auswirkungen leerer Buckets auf die HF Regelungen.	30.11.2019	J. Adamy	H. Klingbeil	Dinu Mihailescu-Stoica (100% E13)		62.361 €	61.813 €	54.395 €			178.568 €
	11	Regelungssystemtheorie zur Strahlstabilisierung: Digitale Filter für Regelsysteme	Ziel ist die regelungstechnische Analyse und der Entwurf von digitalen Filtern für das Bunch-by-Bunch-Feedback-System, welches für FAIR realisiert wird zur Dämpfung von longitudinalen Strahloszillationen. Es sollen konkrete Spezifikationen für den FPGA-Entwurf (Bandbreite, Filterstruktur, maximal benötigte Anzahl an Filterkoeffizienten, etc.) geliefert werden und es werden Einstellregeln für die Filterkoeffizienten benötigt, die eine genügend große und robuste Dämpfung der Strahloszillationen bei verschiedenen Arbeitspunkten (verschiedene Ionensorten, unterschiedliche Synchrotronfrequenzen, stationär oder auf der Rampe, etc.) garantieren. Als Randbedingungen für die Analyse der HF-Regelungen und für den Filterentwurf müssen unter anderem die Restriktionen der vorhandenen bzw. derzeit realisierten Hardware an der GSI berücksichtigt werden.	31.05.2019	J. Adamy	H. Klingbeil	Benjamin Reichardt (100% E13)		64.109 €	65.125 €	26.050 €			155.284 €
	12	Roboter zur Kontrolle des SIS100 Strahlrohr SIS100 UHV	Unerwünschte Objekte im Strahlrohr sind eine Herausforderung für den Betrieb der Beschleuniger im FAIR-Projekt. Durch den supraleitenden Betrieb des Synchrotrons SIS100 verschärft sich die Situation zusätzlich, da bei einer erst im Strahlbetrieb festgestellten Störung die Ursachenbehebung erst nach einer Aufwärmzeit erfolgen kann. Es soll ein Prototyp eines Roboters entworfen und gebaut werden, mit dem das Strahlrohr vor jedem Betrieb auf solche Objekte untersucht werden kann. Die Anforderungen sind dabei vielfältig: • Mit Hinblick auf die Vakuumsysteme darf kein Abrieb im Strahlrohr erzeugt werden. • Das Strahlrohr des SIS100 ist nicht homogen sondern erfasst vielfältige Geometrien. • Die minimale Dicke des Strahlrohrs beträgt nur wenige Zehntel Millimeter. • Der Roboter muss jederzeit ohne Maschinenöffnung durch vorhandene Flansche wieder entnommen werden können. • Die Größe des Roboters ist durch die Einstiegsöffnung auf ca. 5x5 cm beschränkt.	30.11.2019	J. Adamy	H. Reich-Sprenger	Nicolai Schweizer (100% E13)		62.452 €	61.900 €	54.472 €			178.824 €
Ergänzungen zu Anlage A (ab Pos. 13) durch Genehmigung von Laufzeitaufteilung (Anlage B)	13	Simulationsstudien der Laserkühlung im SIS100	Simulation und Optimierung von Laserkühlverfahren für relativistische Ionenstrahlen im SIS 100	30.09.2017	O. Boine-Frankenheim	P. Spiller	Lewin Eidam (beendet)		35.72[illegible]					[illegible]726 €
	14	Optimierung von Ladungsstrippern	Untersuchungen und Optimierungen von Ladungsstrippern	31.12.2017	O. Boine-Frankenheim	W. Barth	Oliver Haas (bendet)		30.58[illegible]					[illegible]588 €
	15	Nanowires, UHV Druckmesung SIS100	Kompakte, auf Feldemission basierende Vakuum-elektronenemitter für kryogene Vakuummesstechnik im SIS 100	30.06.2020	H. F. Schlaak	S. Wilfert	Johannes Bieker (100% E13)		57.537 €	62.500 €	62.500 €	30.000 €		212.537 €
	16	Halbleitergapschalter	Robuste, schnelle, strahlungsfreie SiC-Halbleitergapschalter	31.12.2021	Gerd Griepentrop	P.Spiller	NN (100% E13)			37.921 €	72.925 €	72.925 €	72.925 €	256.696 €
							SUMMEN:	620.582,75 €	667.635 €	539.684 €	313.299 €	104.425 €	72.925 €	2.318.550 €

2.318.550 €

Aktuelle Finanzübersicht 26.09.2018

Finanzübersicht zu dem Zusatzvertrag mit TU DA für Beschleuniger-/FAIR Projekte: "BLAU" = gebucht am 24./26.07.18.18; "GRÜN" 2. Quartal, ist in der Mitzeichnung

Name	Betreuer		Zeitraum		Mon. Kosten	Teilsum.	Teilsum.	2018				Teilsum.	Teilsum.	Teilsum.	Teilsum.
	TU Darmstadt	GSI / FAIR	von	bis	Schätzung!	2016:	2017:	I. Q.	II. Q.	III. Q.	IV. Q.	2018:	2019:	2020:	2021:
xxx	O. Boine-Frankenheim	J. Blaurock	01.09.14	01.01.20	1.500 €			4.500,00 €							
xxx		H. Weick	01.07.15	30.06.19	5.432 €			16.296,89 €	16.409,94 €	16.786 €	19.583 €				
xxx		P. Spiller	01.06.17	31.12.18	5.284 €			15.851,60 €	15.966,18 €	16.327 €	19.048 €				
xxx	H. Klingbeil	P. Spiller für H. Klingbeil	01.10.14	30.09.18	3.699 €			11.096,53 €	11.295,72 €	11.429 €					
xxx			01.02.15	31.01.19	5.196 €			15.586,68 €	15.966,18 €	16.054 €	18.730 €				
xxx			01.05.15	31.05.19	3.605 €			10.814,61 €	11.139,54 €	11.139 €	12.996 €				
xxx	J. Adamy		01.01.14	31.05.19	5.284 €			15.851,60 €	15.966,18 €	16.327 €	19.048 €				
xxx			01.07.14	30.11.19	5.284 €			15.851,60 €	15.966,18 €	16.327 €	19.048 €				
xxx		J. Blaurock	01.02.17	30.04.19	1.260 €			4.649,96 €	3.808,32 €	3.894 €	4.543 €				
xxx		S. Menke	01.11.14	30.11.19	5.291 €			15.872,98 €	15.987,54 €	16.349 €	19.074 €				
xxx	H. F. Schlaak	S. Wilfert	01.01.18	30.06.20	5.197 €			19.815,49 €	15.153,90 €	16.059 €	18.736 €				
xxx	G. Griepentrog	P. Spiller	01.07.18	31.12.21	5.834 €					18.027 €	21.032 €				
Summe Beschleuniger / FAIR@GSI:						620.582,75 €	667.634,54 €	146.187,94 €	137.660 €	158.720 €	171.839 €	614.406,67 €	358.677 €	111.202 €	78.140 €

Noch verfügbare Mittel (Vertragssumme - Ausgaben - Plan):	2.499.999 €	1.879.416 €	1.211.782 €		597.375 €	238.698 €	127.496 €	49.357 €
Noch verfügbare Mittel (Akt. Tab. Mai 2018s - Ausgaben - Plan):	2.318.550 €	1.697.967 €	1.030.333 €		415.926 €	57.249 €	-53.953 €	-132.093 €

Vertrag: 2.499.999 €

Tabelle des Vertrags: 2.318.550 €

„Rest": 49.357 €

-132.093 €

Finanzstatus 26.09.2018

- Vertrag 2.499.999 €
- verausgabt/festgelegt inkl. 2016: 2.450.642 €

  ohne 2016: 1.830.060 €
- Derzeitige Budgetbereitstellung von FAIR-CBC* geht von „inkl. 2016" aus!
- Neue Projekte: Entweder Vertragssumme erhöhen oder entscheiden „ohne 2016", **in beiden Fällen aber zusätzliches Budget nötig!**

*CBC = Cost and Budget Control