

# ZWISCHENBERICHT/ENDBERICHT

<b>Projektnummer</b>	PN 1115	<b>Kurztitel</b>	isoTRAC
<b>Projektpartner ①/ Antragsteller</b>	Montanuniversität Leoben	<b>Weitere Projektpartner</b>	Karl Franzens Universität Graz
<b>Bericht Nr.</b>	1	<b>Berichtszeitraum</b>	01.03.2019 – 31.08.2021
<b>Bericht erstellt von</b>	Univ.-Prof. Dr. Thomas Prohaska		

## 1. Ziele und Ergebnisse

### Ziel des Projektes war:

- 1) Etablierung einer Massenspektrometer (MS) Infrastruktur zur hochpräzisen Messung der Isotopenzusammensetzung neuer Isotopensysteme (Anschaffung und Installation eines modernen Massenspektrometers (Thermoionenmassenspektrometer – TIMS) inklusive Probenvorbereitung im steirischen Forschungsraum (Kooperation zwischen Montanuniversität Leoben (MU) und Karl Franzens Universität Graz (UG))
- 2) Durchführung von Pilotstudien zur Anwendung von Isotopensystemen in den Umweltwissenschaften (Charakterisierung von Feinstaub), Geowissenschaften (Charakterisierung von Lagerstätten) und Materialwissenschaften (Untersuchung von Feuerfestwerkstoffen)

Beide Projektziele konnten im Zuge der um ein Jahr verlängerten Gesamtlaufzeit des Projektes realisiert werden.

### Zeitliche Abweichung im Vergleich zur Projektplanung:

Das Projekt wurde ursprünglich von 01.03.2019 bis 31.08.2020 projektiert. Aufgrund von veränderten Arbeitsbedingungen (Corona) und Lieferbedingungen der Geräte kam es zu einer signifikanten Verzögerung der Projektabwicklung, insbesondere bei der Auswahl, Produktion und Installation des Gerätes. Daher wurde beim ZF Steiermark mit 26.02.2020 eine einjährige Verlängerung beantragt, die bis 31.08.2021 gewährt wurde.

Aufgrund der sehr aufwändigen Laborinfrastruktur und der aktuellen Laborsituationen an den beteiligten Institutionen wurde die Infrastruktur in der Startphase des Projektes, insbesondere in der intensiven Trainings- und Einführungsphase, vollständig an der MU installiert. In Zukunft sollen Teile der Probenvorbereitung auch direkt an der UG etabliert werden.

### Projekthighlights:

Die Highlights der Zielerreichung bestehen sicherlich darin, dass im Zuge eines intensiven Austausches mit dem Gerätehersteller eine topmodernes Massenspektrometer der letzten Generation zu äußerst günstigen

Konditionen erworben und erfolgreich installiert werden konnte.

Ein weiteres Highlight waren die mit dem Gerät erreichten Genauigkeiten hinsichtlich der Messergebnisse in den umgesetzten Projekten. Somit konnten erstmals bei der Teilnahme an einem Ringversuch zur Bestimmung der Sr Isotopie an Zementproben Ergebnisse mit einer außergewöhnlich hohen Messpräzision erreicht werden.

Die nun etablierte Infrastruktur erlaubt bestehende gemeinsame Anknüpfungspunkte im Bereich Analytik in den Forschungsschwerpunkten der beteiligten Universitäten zu stärken und weiter auszubauen. Für den Forschungsraum Steiermark ist hier ein bedeutsamer Schritt der Etablierung eines Forschungsschwerpunktes im Bereich Isotopenanalytik gelungen, der mittlerweile bereits internationale Anerkennung gefunden hat.

Die kooperierenden Forschungsgruppen sowohl an der MU als auch an der UG wurden durch die im Rahmen des Projektes angeschaffte Infrastruktur in die Lage versetzt, neue Forschungsgebiete in einer Vielzahl an transdisziplinären Projekten zu erschließen. Damit wurde eine im internationalen Vergleich außerordentlich hohe Dichte an Know-how im Bereich der Element- und Isotopenanalytik für zukunftsweisende Forschung im Bereich Gesundheit, Umwelt, Technologie Knowhow in der Steiermark geschaffen.

Dabei ist dieses Know-how nicht nur für den Forschungsstandort Steiermark von Bedeutung, sondern trägt auch massiv zur Attraktivität der Steiermark als einem der führenden Forschungsstandorte im Bereich Isotopenanalytik in Europa bei.

Weiteres werden die Kooperationspartner in die Lage versetzt, zukünftig in deutlich verstärktem Ausmaß geförderte Projekte der Grundlagenforschung bzw. der anwendungsorientierten Forschung in Kooperation mit wissenschaftlichen (z.B. TU Graz, TU Wien, NHM, KHM, ÖAW) und Industriepartnern (z.B. RIH, Biotronik, VOEST) durchzuführen. Somit haben die einzelnen Elemente der neuen Infrastruktur eine enorme Multiplikator Wirkung auf den Forschungsknoten Steiermark.

## Arbeitspakete und Meilensteine

### 2.1 Übersichtstabellen

Tabelle 1: Arbeitspakete

AP Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Fertigstellungsgrad	Basistermin		Aktuell		Erreichte Ergebnisse / Abweichungen
			Anf.	Ende	Anf.	Ende	
1	Auswahl eines geeigneten Massenspektrometers	100 %	01.03.2019	31.06.2019	01.06.2019	31.01.2020	Die Auswahl eines geeigneten MS konnte erfolgreich durchgeführt werden
2	Installation des Massenspektrometers	100 %	01.01.2020	31.03.2020	01.03.2021	31.03.2021	Das gewählte MS konnte erfolgreich installiert werden
3	Pilotstudien						
3.1	Isotopenanalyse zur Charakterisierung von Lagerstätten	90 %	01.04.2020	31.08.2020	01.04.2021	31.05.2021	Die Lagerstättencharakterisierung war erfolgreich, die Publikation ist derzeit noch in Vorbereitung.
3.2	Isotopenanalyse zur Verbreitung von Feinstaub	80 %	01.04.2020	31.08.2020	01.06.2021	31.08.2021	Die ersten Ergebnisse zeigen die Herausforderung der Analytik. Die Fertigstellung der Ergebnisse ist im Gange.
3.3	Charakterisierung von Feuerfestmaterialien	100 %	01.04.2020	31.08.2020	01.03.2021	30.06.2021	Ergebnisse wurden im Rahmen von Tagungspräsentationen veröffentlicht. Eine Publikation ist derzeit in Ausarbeitung
3.4	Charakterisierung von technologischen Materialien	100 %	01.04.2020	31.08.2020	01.06.2021	15.08.2021	Diese Untersuchung war nicht geplant und ergab sich durch die Möglichkeit der Teilnahme an einem Ringversuch.

**Tabelle 2: Meilensteine**

Meilenstein Nr.	Meilenstein Bezeichnung	Basis-termin	Akt. Planung	Meilenstein erreicht am	Anmerkungen zu Abweichungen
1	Auswahl des Massenspektrometers	31.06.2019		31.01.2020	Verzögerung der Akquise infolge pandemiebedingter Umstände
2	Installation des Massenspektrometers	31.03.2020		31.03.2021	Verzögerung der Akquise infolge pandemiebedingter Umstände
3	Ergebnisse der Pilotversuche	31.08.2020		31.08.2021	Durch die verzögerte Installation des Gerätes konnten noch nicht alle geplanten Isotopensysteme umgesetzt werden, erste (publikationsfähige) Ergebnisse konnten aber am Strontium Isotopensystem erreicht werden.

## 2.2 Beschreibung der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten

### AP 1 – Auswahl eines geeigneten Massenspektrometers

Die zentrale Phase des Projektes war die Auswahl des geeigneten Massenspektrometers. Nach sorgfältiger Prüfung der aktuellen Marktsituation und dem intensiven Austausch mit Fachkolleg\*innen, welche mit ähnlichen Gerätekonfigurationen arbeiten, kamen letztendlich zwei Gerätehersteller in die engere Auswahl: Thermo Fisher Scientific mit dem Gerät „Triton“ und die Firma Nu Instruments mit dem Gerät „Nu-TIMS“. In weiterer Folge wurde ein umfangreicher Spezifikationskatalog an die Gerätehersteller geschickt, um die Basisdaten wie Messpräzision, Empfindlichkeit und Genauigkeit an verschiedenen Isotopensystemen zu verifizieren. Diese Daten wurden in weiterer Folge intensiv evaluiert. In Folge wurden bei beiden Geräteherstellern mehrtägige Testmessungen durchgeführt.

Die Auswahl erfolgte dann aufgrund der Bewertungskriterien, welche die analytische Performance, die technische Qualität und die Wirtschaftlichkeit (Anschaffung und laufende Betriebskosten) berücksichtigen. Die Auswahl erfolgte dann für das Gerät der Firma Nu Instruments (Nu-TIMS).

Im Zuge der intensiven Literaturrecherche wurde für die Probenvorbereitung ein neu auf den Markt gebrachtes automatisiertes Trennsystem für die Isotopenanalytik ausgewählt und im Zuge der Eigenleistungen angeschafft.

**Indikator 1:** Definition der Gerätespezifikation und Akquise des TIMS Gerätes und der Probenvorbereitungstechniken - erfüllt

### AP 2 - Installation des Massenspektrometers

Nach erfolgreicher Lieferung des Gerätes im Dezember 2020 war aufgrund der Aus- und Einreiserestriktionen mit einer signifikanten Verzögerung der Installation zu rechnen. Nach Einholen

aller erforderlichen Genehmigungen und Bewilligungen konnte die Servicetechnikerin der Firma Nu Instruments erfolgreich aus Großbritannien nach Österreich einreisen und das Gerät innerhalb eines 14-tägigen Aufenthaltes erfolgreich installieren und in Betrieb nehmen.

Parallel dazu wurde das Probenvorbereitungssystem ESI prepFAST geliefert und installiert. In weiterer Folge konnte aufgrund der Erfahrung der Mitarbeiter\*innen mit diesen Systemen sehr rasch eine erfolgreiche Umsetzung der wissenschaftlichen Fragestellungen erfolgen.

**Indikator 2:** Inbetriebnahmen des TIMS Gerätes und Etablierung der Probenvorbereitung (Geräteabnahme)  
- erfüllt

### AP 3 - Pilotstudien

#### 3.1 Isotopenanalyse zur Charakterisierung von Lagerstätten

Geplant waren die Analyse verschiedene Geochronometer, insbesondere Rb/Sr, Sm/Nd, (Lu/Hf), U/Pb. Im Zuge der ersten Untersuchungen konnten erste Ergebnisse für die Systeme Sr/Rb und U/Pb erzielt werden. Diese werden nun in weiterer Folge in weiteren Projekten auf konkrete Fragestellungen umgesetzt. Ziel ist die Etablierung eines Referenzlabors für Geodatierungen mit hoher metrologischer Qualität.

Für die akkurate Messung der Os Isotopensysteme konnten im Zuge der Teststellung erste erfolgreiche Messungen durchgeführt werden, die zur Vorbereitung weiterer Forschungsprojekte dienen. Primär zielt die Analytik der Os Isotopie an der MUL auf die Entwicklung entsprechender Referenzmaterialien ab, um für geeignete Materialien international anerkannte Referenzwerte zu bilden. Die validierte Methode wird zurzeit an ausgewählten Materialien getestet und liefert somit den Ausgangspunkt für weitere Forschungsprojekte.

Die stabile Isotope des Strontium Isotopensystems konnte bereits in der Projektphase erfolgreich für das Fingerprinting einer Magnesit Lagerstätte eingesetzt werden. Die Genauigkeit der analytischen Methode erlaubte es, die einzelnen geologischen Bereiche der Lagerstätte hinsichtlich ihrer Strontium (Sr) Isotopie zu charakterisieren. Dabei zeigte sich, dass die Sr Isotopie nicht nur einen chemischen Fingerabdruck für die gewonnenen Rohstoffe liefert, sondern auch eine Information über den Geneseprozess der Lagerstätte liefert. Die im Zuge der Untersuchung gewonnene Erkenntnisse konnten auch für das Arbeitspaket 3.3 verwendet werden.

- Die Ergebnisse wurden als extended Abstract für einen eingeladenen Vortrag bei der Winter Conference on Plasma Spectrochemistry 2021 eingereicht und angenommen.
- Im Rahmen eines ‚EIT Raw Materials Projekts‘ (CERA – Certification of raw materials) ist geplant, chemische und mineralogische Informationen als Fingerprinting Methode für weitere

Rohstoffe zu verwenden.

### 3.2 Isotopenanalyse zur Verbreitung von Feinstaub

Im Zuge des Projektes der Charakterisierung von Feinstäuben mit Hilfe der Isotopenanalyse konnten erste erfolgreiche Ergebnisse erreicht werden.

Feinstaub ist ein komplexes, heterogenes Gemisch unterschiedlichster Partikel verschiedener chemischer Zusammensetzung, Größe und Herkunft. Diese Charakteristika sind durch Umweltfaktoren (z.B. Temperatur, relative Luftfeuchte), Prozesse in der Atmosphäre, aber hauptsächlich durch die jeweilige Emissionsquelle selbst geprägt. Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung kann erste Hinweise auf die Herkunft des Feinstaub geben. Im Zuge der Analyse wurde der erste Fokus auf die Elemente Sr und Pb gelegt.

Es zeigte sich im Zuge der Untersuchungen sehr rasch, dass die gewonnenen Staubmengen und die im Material vorhandenen Mengen an Sr und Pb eine besondere analytische Herausforderung darstellen. Durch eine Optimierung der Präparation (Aufkonzentrierung und Proben/Matrix Trennung mit dem ESI prepFAST System) konnten analysierbare Mengen gewonnen werden. Allerdings zeigte sich, dass der Blindwert der eingesetzten Filter sehr hoch im Verhältnis zu den Mengen an Sr und Pb in den Proben ist. Die Sr Isotopie konnte mit sehr hoher Messunsicherheit (insbesondere durch den Blindwert beeinflusst) bestimmt werden, während die Zusammensetzung der Blei Isotopie nicht bestimmbar war.

In einem parallellaufenden Projekt wurden zwei Stäube historischer Bücher in den Stiften Zwettl und Kremsmünster analysiert. Die Sr Isotopie konnte einen eindeutigen Fingerabdruck in Stäuben aus den jeweiligen Quellen zuordnen. In weiterer Folge war es möglich, die Stäube, die in historischen Büchern der jeweiligen Bibliotheken erworben wurden, den Standorten zuzuordnen. Diese dient als Grundlage für ein Forschungsprojekt (ERC synergy grant).

- Ein Projektantrag (ERC synergy grant) ist in Vorbereitung (Projektpartner)
- Eine Publikation zur Herkunftsbestimmung historischer Stäube ist in Vorbereitung

### 3.3 Charakterisierung von Feuerfestmaterialien

Magnesia ist ein wichtiger Rohstoff für die refraktäre Baustoffbranche. Plan war die Etablierung von Isotopensystemen (Sr und Mg) als Fingerabdruck für die eingesetzten Baustoffe, um den Stofffluss von Ummantelungen zur Schlacke bzw. in die Rohmetalle nachzuverfolgen werden.

In einem ersten Projektansatz wurde das mittlerweile am TIMS etablierte System Sr untersucht. Die Ergebnisse konnten nun dafür angewendet werden, um die Genese von Makroeinschlüssen in Stahl zu charakterisieren. Im Zuge der Untersuchungen wurden verschiedene für die Stahlproduktion eingesetzten Pulver untersucht, um einen für sie typischen chemischen Fingerabdruck zu bestimmen. Dieser Fingerabdruck der Sr Isotopenzusammensetzung wurde mit der Isotopenzusammensetzung der Schlackeneinschlüsse verglichen. Es zeigte sich, dass die Isotopie in den Schlackeneinschlüssen mit keiner der Isotopien der Pulver übereinstimmt. In weiterer Folge wurden die im Produktionsprozess eingesetzten Feuerfeststeine untersucht. Es konnte dabei gezeigt werden, dass die Isotopie in den Makroeinschlüssen sehr gut mit dem Isotopenfingerabdruck im Feuerfeststein übereinstimmt. Damit konnte erstmals nachgewiesen werden, dass die wahrscheinlichste Ursache der Makroeinschlüsse Abriebe der Feuerfeststeine, die als Kokillen eingesetzt werden, darstellen.

In weiterer Folge sollen die Untersuchungen auf die Isotopenzusammensetzung von Magnesium erweitert werden. Eine Kooperation mit der TU-Graz ist hierbei vorgesehen.

- Eine Publikation ist in Vorbereitung

#### 3.4 Charakterisierung von technologischen Materialien

Im März 2021 wurde das Labor an der MU eingeladen, an der  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Charakterisierung von Zement-, Kalkstein- und Schiefer-Referenzmaterialien teilzunehmen. Dieser Ringversuch wurde an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zur Isotopencharakterisierung von  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  an Referenzmaterialien für Zement, Kalkstein und Schiefer geplant. Die Charakterisierung ist Teil eines BAM-Projekts zur Etablierung eines analytischen Verfahrens zur Zementherkunft. Dieses Projekt wurde von der International Association of Geoanalysts (IAG) unterstützt.

Die  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Konventionmethode basiert auf der Korrektur des gemessenen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisses für die instrumentelle Isotopenfraktionierung (auch als Massenverzerrung bezeichnet) durch Anwendung des  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisses von 0,1194 und Verwendung des Exponentialgesetzes oder des Potenzgesetzes. Darüber hinaus wird das konventionelle  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopenverhältnis von NIST SRM 987 mit 0,71025 akzeptiert, das zur Qualitätskontrolle und endgültigen Normalisierung verwendet werden sollte.

Im September 2021 konnten bereits die Ergebnisse der Analyse, welche mit TIMS ermittelt wurden, an die BAM übermittelt werden. Die Messpräzision konnte  $<10$  ppm bestimmt werden. Die Messergebnisse stimmen sehr gut mit Referenzmessungen mittels MC ICP-MS überein.

- Eine Publikation ist in Vorbereitung

**Indikator 3:** Publikation von zwei gemeinsamen Arbeiten in international „peer reviewed“ Zeitschriften mit hohem Impakt. – (teilweise) erfüllt (Publikationen in Vorbereitung)

## 2.2 Änderungen im weiteren Projektverlauf

Die zeitlichen Restriktionen im Projektverlauf insbesondere bei der Ausschreibung, Auswahl, Lieferung, Installation und Inbetriebnahme des Therme-Ionen Massenspektrometers konnten aufgrund der Möglichkeit der einjährigen Verlängerung der Projektlaufzeit kompensiert werden.

Das Projekt wurde ursprünglich von 01.03.2019 bis 31.08.2020 projektiert. Aufgrund von veränderten Arbeitsbedingungen (Corona) und Lieferbedingungen der Geräte kam es zu einer signifikanten Verzögerung der Projektabwicklung, insbesondere bei der Auswahl, Produktion und Installation des Gerätes. Daher wurde beim ZF Steiermark mit 26.02.2020 eine einjährige Verlängerung beantragt, die bis 31.08.2021 gewährt wurde.

Eine der Ursachen bestand darin, dass bei der Auswahl des Gerätes beide in Frage kommenden Gerätehersteller kurz vor dem Launch einer neuen Gerätegeneration waren und deshalb mit der Auswahl der Geräte noch zugewartet werden sollte und eine entsprechende Gerätetestung erst Ende 2019/Anfang 2020 stattfinden konnte. Die Ausschreibungsphase wurde mit Mitte 2019 gestartet. In der ursprünglichen Projektplanung wurde auch die Dauer des Ausschreibungsverfahrens unterschätzt. In weiterer Folge war aufgrund der pandemiebedingten Lieferengpässe mit einer Fertigstellungsdauer des Gerätes von bis zu 12 Monaten zu rechnen. Darüber hinaus gab es ebenso pandemiebedingt bei der Adaptierungsarbeit der Laboratorien eine entsprechende Verzögerung, wodurch eine Besiedlung der Laboratorien erst mit Ende 2020 möglich wurde. Letztendlich konnte das Gerät im Dezember 2020 geliefert werden. Aufgrund der Ausreisebeschränkungen der Servicetechniker aus Großbritannien konnte eine Installation des Gerätes entsprechend erst im März 2021 erfolgen. Ungeachtet dessen wurden für die geplanten Projektstudien bereits alle Vorbereitungen getroffen und alle Laborarbeiten (Probenahme, Probevorbereitung – soweit möglich) bereits im Vorfeld durchgeführt, um möglichst zügig die ersten Ergebnisse mit dem Gerät im Rahmen der Projektdauer erfolgreich umzusetzen, was letztendlich gelungen ist. Es konnten zwar noch nicht alle geplanten Isotopensysteme umgesetzt werden, aber die Strontium Isotopie als zentrales Werkzeug der Herkunfts- und Authentizitätsbestimmung für die Bereiche Geo-, Umwelt- und Materialwissenschaften etabliert werden.

Aufgrund der sehr aufwändigen Laborinfrastruktur und der aktuellen Laborsituationen an den beteiligten Institutionen wurde die Infrastruktur in der Startphase des Projektes, insbesondere in der intensiven Trainings- und Einführungsphase, vollständig an der Montanuniversität Leoben installiert. In Zukunft sollen Teile der Probenvorbereitung wie geplant auch direkt an der UG etabliert werden.



## 2. Projektteam und Kooperation

Die internen Schlüsselmitarbeiter der MUL waren Dr. Johanna Irrgeher, Prof. Dr. Thomas Meisel und Prof. Dr. Thomas Prohaska. Diese 3 Personen waren auch maßgeblich an der Auswahl, Evaluierung und Testung der Geräte beteiligt und bei der Installation anwesend. In weiterer Folge wurde die Installation und Arbeit an den Projekten von Fr. Dr. Anika Retzmann (zuerst als Doktorandin und in weiterer Folge als Post Doc) und von Fr. Christine Opper (als Technikerin) unterstützt.

An der UG war Prof. Dr. Walter Gössler die zentrale Schlüsselperson bei der Durchführung des Projektes. Die weiteren arbeiten insbesondere im Bereich der Untersuchungen von Feinstäuben wurden von Dr. Stefan Tanda und Fr. Antonia Tödling unterstützt.

Im Rahmen der Kooperation gab es regelmäßigen Austausch über den Projektfortschritt der Arbeitspakete 1 und 2. Pandemiebedingt war es nicht möglich, dass die Wissenschaftler der UG während der Installation und Einschulung des Gerätes im März 2021 an der MU anwesend waren. Aus diesem Grund ist eine weitere Einschulung an den Geräten erst Ende 2021 / Anfang 2022 geplant. Im Rahmen des AP 3 konnten Johanna Irrgeher und Thomas Prohaska im Sommer 2021 die UG besuchen und vor Ort mit den Projektbeteiligten die Thematik der Untersuchung von Stäuben direkt besprechen. Über die Projektergebnisse wird regelmäßig ausgetauscht. Sobald pandemiebedingt eine Lockerung des Zuganges möglich ist, werden die Arbeiten der UG an der MU weiter intensiviert.

## 3. nur Endbericht: Wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung

Durch die neue erfolgreich etablierte Infrastruktur von MUL und KFU wurde für beide Partner die Voraussetzung geschaffen, Spitzenforschung auf internationalem Niveau im Bereich der Isotopenforschung zu betreiben. Darüber hinaus bieten die neuen Möglichkeiten dem Konsortium auch in Zukunft die Chance, zusammen mit steirischen, nationalen und internationalen Forschungspartnern Projekte zu realisieren und damit den Wissenschafts- und Forschungsstandort Steiermark langfristig zu stärken. Eine Verwertung der wissenschaftlichen Ergebnisse in Form von Publikationen, Beiträgen bei wissenschaftlichen Veranstaltungen oder Projektanträgen ist gegeben ebenso wie der Einsatz im Bereich 3<sup>rd</sup> Mission, der Wissensentwicklung und dem Wissenstransfer.

Der Zugang zur beantragten Infrastruktur ist für beide Projektpartner am jeweiligen Aufstellungsort uneingeschränkt möglich und wird durch einen entsprechenden Kooperationsvertrag zwischen MU und UG geregelt. Die Nutzung wird über einen gemeinsamen digitalen Kalender koordiniert. Die im Projekt gewonnenen Daten und Expertisen werden dem jeweils anderen Partner uneingeschränkt zugänglich gemacht. Hierfür wurde ein System zum Datenaustausch eingerichtet. Die Erkenntnisse können somit von beiden Partnern genutzt werden. Damit könne auch Ergebnisse gemeinsam publiziert und in angewandten

Forschungsthemen weiter umgesetzt werden.

Die neue Infrastruktur der Projektpartner wird prioritär für Forschung und Lehre (Ausbildung von Bachelor-, Master- und Doktoratsstudenten/innen) an den beteiligten Institutionen verwendet. Die primären Ziele der Forschungsinfrastruktur beziehen sich auf unabhängige Forschungstätigkeit und Wissenserweiterung sowie der hochqualitativen Ausbildung.

Die Nutzung der neuen Infrastruktur durch potentielle Industriepartner wird auf max. 15% der Jahreskapazität beschränkt werden. Damit ergibt sich ein ökonomischer/nicht-ökonomischer Nutzen von 15 und 85 %. Die ökonomische Nutzung und Gewinne aus dieser Tätigkeit werden wieder dem weiteren Ausbau der Forschungsinfrastruktur zugeführt und reinvestiert. Es werden nur solche Tätigkeiten durchgeführt, die direkt mit dem Betrieb der Infrastruktur verbunden sind.

Die neue Infrastruktur hat somit einen bedeutenden Beitrag zu einem attraktiven Forschungsstandort Steiermark geleistet. Über das bereits gut organisierte Netzwerk der beiden Partner MUL und KFU, durch Publikationen in internationalen Journalen und laufende Präsentationen der neuesten Erkenntnisse auf wissenschaftlichen Konferenzen soll die nationale und internationale Sichtbarkeit und Vernetzung noch weiter ausgebaut werden. Netzwerke, Veranstaltungen und bilaterale Forschungskooperationen mit Wirtschafts- und Industriebetrieben sollen sicherstellen, dass das generierte anwendungsnahe Wissen den Weg in Gesellschaft und Wirtschaft findet. Als Beispiele soll in folgenden Bereichen zu den bereits existierenden Aktivitäten verstärkt Maßnahmen gesetzt werden: Vermittlung von Praktika, Abschlussarbeiten in Unternehmen, Technologietransfer durch Forschungsprojekte mit Industriepartnern, Beraterfunktionen für Betriebe und Entscheidungsträger.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden bzw. werden folgende wissenschaftliche Beiträge abgehalten bzw. eingereicht:

Non-metallic inclusions in steel – investigation at the microscopic level after LA-ICP-MS.  
Gulnaz Mukhametzianova, Christoph Walkner, Jörg C. Korp, Andreas Graf, Johanna Irrgeher, Thomas Meisel, Thomas Prohaska  
JunganalytikerInnenforum 2021, Salzburg, Juni 2021 (online)

Elemental and isotopic analysis of dust for authentication of historic manuscripts – part 1  
Patricia Engel, Johanna Irrgeher, Christine Opper, Thomas Prohaska  
International Medieval Congress, Leeds, Juli 2021 (online)

Elemental and isotopic analysis of dust for authentication of historic manuscripts – part 2  
Patricia Engel, Johanna Irrgeher, Christine Opper, Thomas Prohaska  
International Medieval Congress, Leeds, Juli 2021 (online)

Application of isotope research in material science  
Thomas Prohaska, Gulnaz. Mukhametzianova<sup>1</sup>, Jörg C. Korp, Andreas Graf, Stefan Wagner, Stepan Chernonoshkin, Sara Widhalm, Patricia Engel, Christoph Walkner, Thomas Meisel, Johanna Irrgeher  
Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, Tucson, US, Jänner 2022

Folgende Projektanträge sind auf Basis des Projektes unter Einsatz der Infrastruktur geplant bzw. wurden eingereicht:

Material Aspects of Armenien Manuscripts – ERC Synergy Grant (Projektpartner; Einreichende Stelle: Donauuniversität Krems)

Potassium isotopes for cosmochemical studies – ERC Grant (Projektleitung)

Einschlussmetallurgie in der modernen Stahlerzeugung – CD Labor (Projektpartner; Projektleitung: Montanuniversität Leoben, LS für Eisen- und Stahlmetallurgie) (bereits genehmigt und im Laufen)

Mobilization of Nickel by hyperaccumulatin plants – FWF Projekt (Projektpartner; Einreichende Stelle: Universität für Bodenkultur) (bereits genehmigt und im Laufen)

Tracing mobility of particulate matter by isotopic signatures –geplantes Kooperationsprojekt UG und MUL

Folgende Publikationen sind in Vorbereitung:

Elemental and isotopic analysis of dust for authentication of historic manuscripts  
Patricia Engel, Johanna Irrgeher, Christine Opper, Thomas Prohaska – in Vorbereitung

Investigation of non-metallic inclusions in steel by advanced analytical techniques  
Gulnaz Mukhametzianova, Christoph Walkner, Jörg C. Korp, Andreas Graf, Johanna Irrgeher, Thomas Meisel, Thomas Prohaska – in Vorbereitung

Chracterization of cement and concrete samples via an isotopic fingerprint  
Anika Retzmann, Thomas Meisel, Thomas Prohaska, Johanna Irrgeher, Jochen Vogel – in Vorbereitung

- Veröffentlichungsfähige, populärwissenschaftliche Kurzfassung des Projektes (max. 100 Wörter!)

Isotope – unterschiedlich schwere Atome desselben Elements – kommen in der Natur fast für jedes chemische Element vor. Durch natürliche und technologische Prozesse verändert sich das Verhältnis dieser schweren und leichten Atome zueinander, wodurch ein eindeutiger Fingerabdruck entsteht. Diese Unterschiede sind jedoch extrem klein und können nun durch modernste Massenspektrometer nutzbar gemacht werden. Sie können nun dazu dienen, die Echtheit von technologischen Produkten oder die Herkunft von Kontaminanten in der Natur zu identifizieren. Sie können aber auch dazu dienen, um neue Lagerstätten zu identifizieren und deren Ausbeutefähigkeit zu bestimmen. Die im Rahmen des Projektes etablierte Infrastruktur erlaubt Isotopenforschung auf höchstem internationalem Niveau.

## **4. Erläuterungen zu Kosten & Finanzierung**

---

Die Kosten und Finanzierung sind wie im ursprünglichen Projekt mit Ausnahme der Personalkosten geplant durchgeführt worden. Die erhöhten Personalkosten ergaben sich durch die Verlängerung der Projektlaufzeit.

Anmerkung: Im Finanzplan MUL werden im Titelblatt Erhöhungen der Investitionen ausgewiesen. Diese ergeben sich nur daraus, dass die gesamten Investitionen auch der UG über die MUL abgerechnet wurden und die Förderung der UG bei den „Einnahmen“ berücksichtigt wurden und die Investition der UG im Tabellenblatt Investition „IST“.

## **5. Projektspezifische Auflagen**

---

Im Rahmen des Fördervertrages wurden keine projektspezifischen Auflagen vereinbart.

## **6. Meldungspflichtige Ereignisse**

---

Es sind keine meldungspflichtigen Ereignisse aufgetreten.