



Rundherum sicher!

*Informationen für die Bevölkerung
nach § 106 Strahlenschutzverordnung*

*Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)
Campus Garching*



Inhalt

Vorwort	3
Forschungszentrum Garching	5
Neutronen für Forschung und Innovation	7
Forschungs-Neutronenquelle	11
Freie Neutronen für die Wissenschaft	13
Sicherheit hat höchste Priorität	15
Überwachung des FRM II und seiner Umgebung	21
Wichtige Begriffe	24
Katastrophenschutz	25
Welche Schutzmaßnahmen sind im Einzelnen geplant?	29
Impressum	33

Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger,

die Sicherheit für Mensch und Umwelt zu gewährleisten steht für die Verantwortlichen der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) an allererster Stelle. Seit nunmehr 18 Jahren ist die Garching Neutronenquelle zum Wohle von Wissenschaft und Gesellschaft in Betrieb, ohne Gefährdung von Personen und Umwelt – ebenso, wie das bei ihrem Vorgänger, dem Forschungsreaktor München, während der gesamten Betriebszeit von fast fünfzig Jahren der Fall war. Der FRM II ist einer der modernsten Forschungsreaktoren weltweit und verfügt über ein ausgeklügeltes, redundantes, d. h. durch das Vorhandensein mehrerer voneinander unabhängiger Komponenten ausgezeichnetes Sicherheitssystem. Der Aufbau der Anlage macht sich darüber hinaus die physikalischen Gesetze so zunutze, dass bei einer etwaigen Störung das gesamte System in einen sicheren, passiven Zustand übergeht, ohne negative Auswirkungen auf die Beschäftigten und Studierenden am Campus Garching wie auch auf die Anwohner:innen zu haben.



Dieses allerhöchste Sicherheitsniveau des Forschungsreaktors wurde wiederholt von unabhängigen Expert:innen bestätigt. Aufgrund der Katastrophenschutzrichtlinien für kerntechnische Anlagen haben die Technische Universität München, das Landratsamt München und die Regierung von Oberbayern einen detaillierten und ständig aktualisierten Katastrophenschutzplan entwickelt. In einem hypothetischen Extremfall kann so schnell, effektiv und zielgerichtet agiert werden.

Dies geschieht aus unserer Verantwortung für Sie, die nähere und fernere Nachbarschaft des Campus Garching, die Studierenden und Mitarbeiter:innen, die zahlreichen Besucher:innen, die jedes Jahr die Faszination der Forschung mit Neutronen unmittelbar erleben wollen, sowie die externen Nutzer:innen aus Wissenschaft und Industrie, die für ihre Forschungen und Anwendungen auf eine leistungsstarke Neutronenquelle angewiesen sind. Denn längst ist die Forschungs-Neutronenquelle FRM II über eine reine Forschungseinrichtung der Technischen Universität München hinausgewachsen. Durch

die starke Beteiligung der Partnerinstitute aus der Helmholtz-Gemeinschaft, der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands, hat sich die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) zu einer Forschungseinrichtung weiterentwickelt, die vom Freistaat Bayern und vom Bund getragen wird. Zur Information für Anwohner:innen und Interessierte, zur weiteren Stärkung des gewachsenen Vertrauens, aber auch um unserer gesetzlichen Verpflichtung nach § 106 (4) Strahlenschutzverordnung nachzukommen, legen die Technische Universität München und die Regierung von Oberbayern diese Broschüre für den FRM II in aktualisierter Form vor. Sie informiert über die Funktionsweise der Garchingener Forschungs-Neutronenquelle, die wissenschaftliche Arbeit mit Neutronen und das dazugehörige Sicherheitskonzept. Wir hoffen sehr, Ihrem Informationsbedarf fundiert entsprechen zu können.

München / Garching, im April 2022



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Albert Berger' in a cursive style.

Albert Berger

Kanzler der Technischen
Universität München



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Konrad Schober' in a cursive style.

Dr. Konrad Schober

Regierungspräsident
von Oberbayern

Forschungszentrum Garching



Drohnenaufnahme: Forschungscampus Garching

Das Forschungsgelände Garching ist eines der größten Zentren für Wissenschaft, Forschung und Lehre in Europa. Hier sind in einzigartiger Konzentration naturwissenschaftliche und technische Forschungseinrichtungen zu finden: der größte Standort der Technischen Universität München (TUM), die Ludwig-Maximilians-Universität München, Institute der Max-Planck-Gesellschaft, das Leibniz-Rechenzentrum und das Walther-Meißner-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, die Europäische Südsterntur sowie zahlreiche weitere renommierte Institute und Unternehmen.

Ihre Arbeitsgebiete reichen von der Grundlagenforschung bis hin zur Entwicklung zukunftsreicher High-Tech-Anwendungen.

Der Forschungsreaktor als Keimzelle für den Campus

Wo heute mehr als 7.500 Beschäftigte und über 20.300 Studierende tätig sind, gab es vor gut 60 Jahren nur Felder und Isarauen. In den Jahren 1956/57 baute die damalige Technische Hochschule München unter der Ägide von Prof. Heinz Maier-Leibnitz das Atom-Ei, den ersten deutschen Forschungsreaktor, praktisch auf der grünen Wiese. Es ist längst zum Wahrzeichen Garchings und seines Forschungsgeländes geworden.



In den Jahren danach siedelten sich immer mehr wissenschaftliche Institute im Umfeld des Forschungsreaktors an, die ihn für ihre Arbeiten nutzten und somit zum Wachsen des Forschungsgeländes und dem Gedankenaustausch unter Wissenschaftlern wesentlich beitrugen.

Heute ist Garching mit fünf TUM-Fakultäten (Chemie, Informatik, Maschinenwesen, Mathematik, Physik) der naturwissenschaftlich-technische Campus der TUM.

Neutronen für Forschung und Innovation

Die Technische Universität München, das Forschungszentrum Jülich und das Helmholtz-Zentrum Hereon (ehemals Geesthacht) haben sich zum Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) zusammengeschlossen, das Wissenschaftler:innen weltweit Messungen mit Neutronen und Positronen an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ermöglicht.

Das MLZ ist ein führendes Zentrum für Spitzenforschung mit Neutronen und Positronen. Jährlich arbeiten bis zu 1200 Forscher:innen aus den Disziplinen Physik, Chemie, Biologie, Ingenieurwissenschaften und Medizin an Fragestellungen zur Lösung großer gesellschaftlicher Zukunftsaufgaben in den Bereichen technische Innovation, Gesundheit, Mobilität und Energieversorgung am FRM II.

Die Wissenschaftler:innen publizieren ihre Ergebnisse in mehr als 300 wissenschaftlichen Veröffentlichungen pro Jahr und machen sie so verfügbar für neue Entwicklungen.



Neutronen gegen Krebs



In der Medizin werden Krebszellen bestrahlt, um den Tumor zurückzubilden. Radioisotope in Form von Radiopharmaka bringen die Strahlung direkt zum Tumor. Der FRM II kann diese Radioisotope dank intensiver Neutronenstrahlen herstellen und hilft somit die Lebensqualität von Krebspatient:innen weltweit zu verbessern.



Neue Superlegierungen – weniger Treibstoff



Superlegierungen sind die führenden Hightech-Materialien für Gasturbinen. Um sie noch sicherer, effizienter und damit umweltverträglicher zu machen, werden die Turbinen ständig weiterentwickelt. Ihre Effizienz zu steigern, heißt, die Verbrennungstemperaturen zu erhöhen.

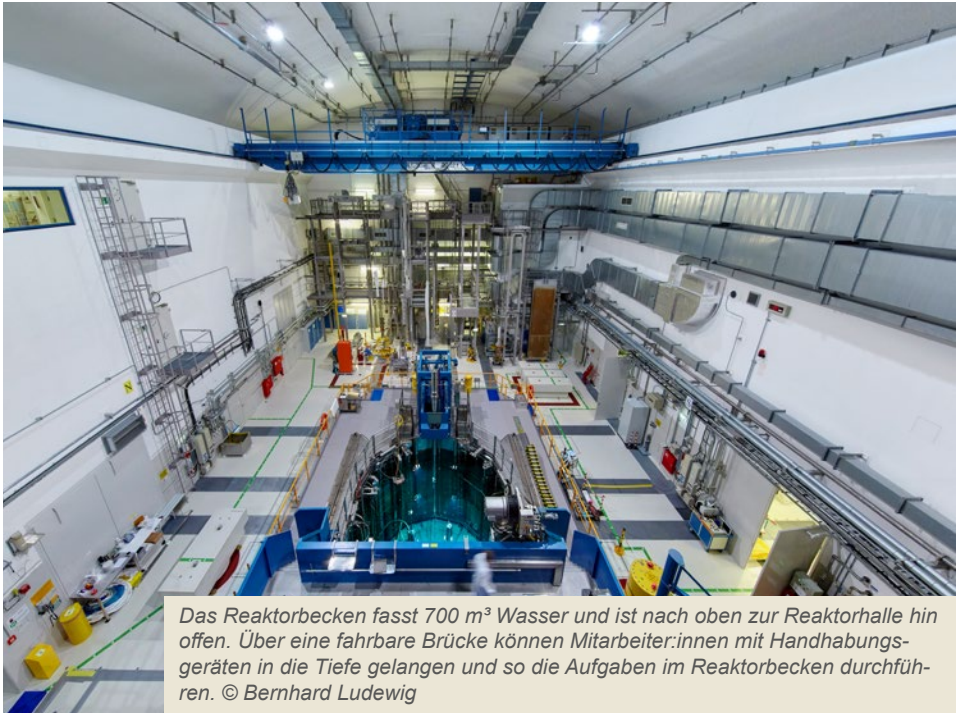
Doch irgendwann schmilzt auch die beste Superlegierung. Neutronen liefern wichtige Informationen während der Erwärmung und Verformung des Materials, insbesondere unter Belastung.

Energiewende: Strom verteilen und speichern

Verfügbare Strom aus Windkraft in der Nordsee muss teilweise über sehr lange Strecken transportiert werden. Um Verluste bei der Übertragung deutlich zu minimieren, müssen Hochspannungsleitungen mit Gleichstrom anstelle von Wechselstrom verwendet werden. Für die Umwandlung des Wechselstroms in Gleichstrom werden Gleichrichter eingesetzt. Diese bestehen aus Silizium, einem gefragten Rohstoff. Einzelne Siliziumatome wandeln sich durch Neutroneneinfang in Phosphor um. So wird das Material halbleitend.

Der FRM II mit seinem hohen Fluss an Neutronen kann etwa 15 Tonnen dieses so dotierten Siliziums pro Jahr herstellen, was ca. 10 % des Weltmarktes entspricht.

Forschungs-Neutronenquelle



Das Reaktorbecken fasst 700 m³ Wasser und ist nach oben zur Reaktorhalle hin offen. Über eine fahrbare Brücke können Mitarbeiter:innen mit Handhabungsgeräten in die Tiefe gelangen und so die Aufgaben im Reaktorbecken durchführen. © Bernhard Ludewig

Die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) ist eine Großforschungseinrichtung, welche von der Technischen Universität München am Standort Garching betrieben wird.

Weltweit hat der FRM II das höchste Verhältnis von nutzbarem Neutronenfluss zu thermischer Leistung und ist damit besonders ressourcenschonend. Der FRM II ist aus technischer Sicht einer der modernsten Forschungsreaktoren mit höchsten Sicherheitsstandards und hat die breiteste Anwendungspalette unter allen Neutronenquellen der Welt.

Kernreaktoren wie der FRM II dienen nicht der Stromerzeugung, sondern der Forschung mit Neutronen. Der FRM II ist ein mit Schwerwasser (D₂O) moderierter und mit Leichtwasser (H₂O) gekühlter Forschungsreaktor mit einer thermischen Leistung von 20 MW – ungefähr 200 Mal weniger als in einem Kernkraftwerk.

Das FRM II-eigene Brennelement

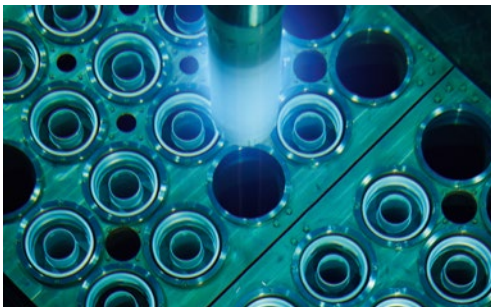
Zur Erzeugung des Neutronenflusses nutzt die Forschungs-Neutronenquelle Brennelemente, die den sogenannten Kernbrennstoff enthalten und für eine kontrollierte Kernspaltung im Reaktor eingesetzt werden.

Das Brennelement des FRM II ist ein Hohlzylinder von ca. 130 cm Länge, 24 cm Durchmesser und einem Gesamtgewicht von 53 kg. Es enthält ca. 8 kg spaltbares Uran (bis zu 93 % Uran-235). Der verwendete Brennstoff ist U_3Si_2 , das in Aluminium dispergiert ist.



Das Brennelement enthält 113 separate Brennstoffplatten, in denen der Brennstoff Uran, gebunden in Uransilizid, eingeschlossen ist. © Framatome

Mit einem Brennelement lässt sich die Neutronenquelle für einen Zyklus von 60 Tagen betreiben. Danach ist das Brennelement „abgebrannt“ und wird für mindestens 6,5 Jahre im Abklingbecken aufbewahrt.



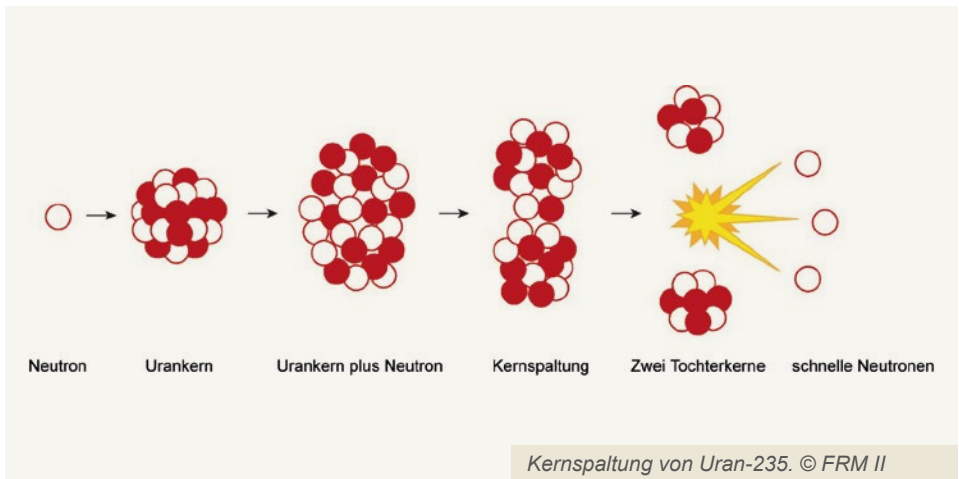
Am Ende des Zyklus wird das abgebrannte Brennelement unter Wasser entladen (natürliche Abschirmung gegen Strahlung) und in das Abklingbecken des FRM II transportiert. © Bernhard Ludewig

Im Anschluss sollen die abgeklungenen Brennelemente in speziell dafür ausgelegte Transport- und Lagerbehälter (CASTOR-Behälter vom Typ MTR3) beladen und im zentralen Zwischenlager für Brennelemente aus Forschungsreaktoren aufbewahrt werden. Die Behälter schließen die radioaktiven Abfälle sicher und dicht ein. Sie erfüllen die hohen Anforderungen der internationalen Atomenergieorganisation (IAEO).

Freie Neutronen für die Wissenschaft

Zweck der Forschungs-Neutronenquelle ist es, den durch Kernspaltung im Reaktor erzeugten Neutronenfluss für die Grundlagenforschung und für Anwendungsfelder in der Medizin und der industriellen Entwicklung zu nutzen.

Wenn ein Uran-235-Kern ein Neutron einfängt, wird er instabil und bricht auseinander. Dabei entstehen kleinere Atomkerne und 2 bis 3 freie Neutronen, die ihrerseits weitere Uran-235-Kerne spalten können. Pro Kernspaltung ist ein Neutron notwendig, um die Kettenreaktion aufrechtzuerhalten.



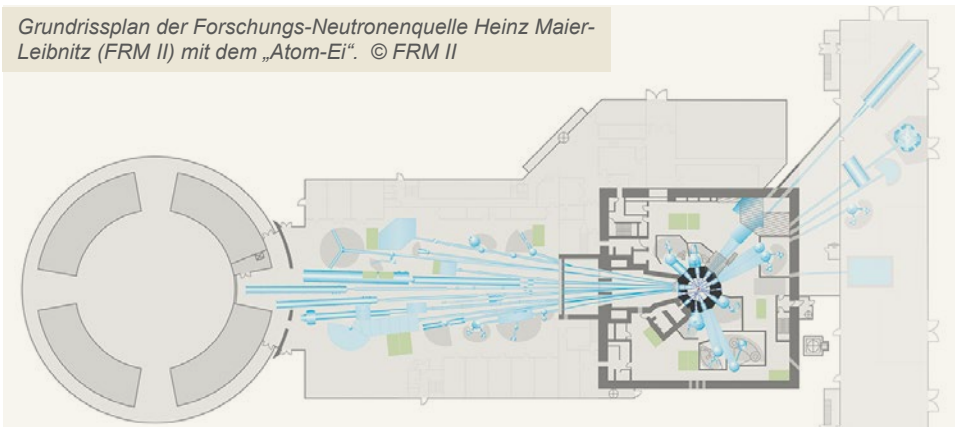
Etwa ein bis zwei freie Neutronen aus jeder Kernspaltung stehen somit für die wissenschaftliche Nutzung zu Verfügung. Die aus der Kernspaltung freigesetzten Neutronen besitzen eine sehr hohe Energie bzw. Geschwindigkeit. Das Kühlwasser und das Wasser um das Brennelement im sogenannten Moderatortank bremsen die Neutronen ab. So erhalten sie die für die Forschung und Anwendung erforderliche langsame Geschwindigkeit, die der Temperatur des Wassers entspricht. Um die Neutronen darüber hinaus für bestimmte Experimente zu präparieren, stellen weitere Moderatoren mit unterschiedlichen Temperaturen einen maßgeschneiderten, intensiven Neutronenstrahl zur Verfügung. Über Neutronenleiter gelangt dieser zu den unterschiedlichen Messinstrumenten.



Evakuierte Neutronenleiter mit meist rechteckigem Querschnitt von einigen Zentimetern leiten niederenergetische, sogenannte kalte Neutronen, bis etwa 50 m weit zu den einzelnen wissenschaftlichen Instrumenten in der Neutronenleiterhalle West. © Bernhard Ludewig

Die eigentlichen Experimentierplätze befinden sich außerhalb des Reaktorbeckens in Verlängerung der Strahlrohre in der Experimentierhalle des Reaktorgebäudes sowie entlang der Neutronenleiter in der Neutronenleiterhalle (West). Letztere liegt zwischen dem FRM II-Gebäude und dem alten „Atom-Ei“. Die neu errichtete Neutronenleiterhalle (Ost) wird, sobald sie entsprechend ausgerüstet ist, ebenfalls für Experimente genutzt werden.

Grundrissplan der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) mit dem „Atom-Ei“. © FRM II



Sicherheit hat höchste Priorität



Forschende betreten die Experimentierhalle über eine Sicherheitstüre. © FRM II

Als kerntechnische Anlage erfüllt der FRM II höchste Sicherheitsstandards. Die Betreiberin (TUM) weist unter anderem in jährlich fast 2000 wiederkehrenden Prüfungen der zuständigen Aufsichtsbehörde (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, StMUV) nach, dass diese Standards eingehalten werden. Die nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen stellen eine unabhängige Bewertung der Prüfergebnisse sicher.

Diese umfassen die Überprüfung aller wichtigen Komponenten, wie z. B. zur Kernkühlung, zur Standsicherheit von Gebäuden und sicherheitstechnisch bedeutsamen Einrichtungen unter allen zu unterstellenden Bedingungen, zur Überwachung von Emissionen und nicht zuletzt zur Kontrolle des Zugangs von Personen und Material.

Zum Sicherheitskonzept gehört auch ein mit der Aufsichtsbehörde abgestimmtes Aus- und Weiterbildungsprogramm für alle Mitarbeiter:innen sowie der explizite Fachkundenachweis für Personal, das besondere Verantwortung für den nuklearen Betrieb trägt.

Auslegung gegen Erdbeben, Flugzeugabsturz und Hochwasser



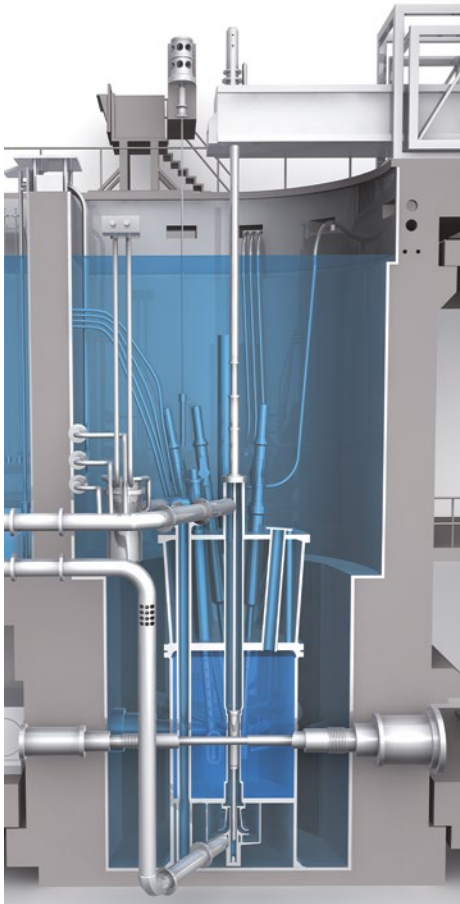
Forschungscampus Garching © graf-flugplatz.de

Planung, Bau und Betrieb kerntechnischer Anlagen in Deutschland unterliegen strengsten Sicherheitsauflagen. So haben unabhängige Gutachter, Strahlenschutzkommission (SSK) und Reaktorsicherheitskommission (RSK) bei der Planung des FRM II Störfälle betrachtet, die über die anzuwendenden Regeln hinausgehen. SSK und RSK sind unabhängige Beratungsgremien des Bundesministeriums für Umwelt. Einbezogen in die Untersuchungen wurden unter anderem die Auswirkungen von Hochwasser, komplettem Stromausfall, Erdbeben, Flugzeugabstürzen – auch großer Verkehrsmaschinen – sowie unterstellte Störfälle wie den hypothetischen Fall einer partiellen oder kompletten Kernschmelze.

Die umfassende Vorsorge gegen etwaige Störfälle wurde der Technischen Universität München, als Betreiberin des FRM II, sowohl im Rahmen der Begutachtung und Erteilung der Betriebsgenehmigung, als auch nach der anlagenspezifischen Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ), die unter Berücksichtigung der Ereignisse von Fukushima (Japan) durchgeführt wurde, bescheinigt.

Die zentralen Anforderungen werden durch die folgenden drei Schutzziele ausgedrückt, die der FRM II unter allen Umständen einhalten muss:

- Der Reaktor muss jederzeit schnell und dauerhaft abschaltbar sein.
- Die Nachwärme des Reaktors - d. h. die auch nach Reaktorabschaltung noch durch den Zerfall von Spaltprodukten unvermeidbar entstehende Nachzerfallswärme, unmittelbar nach Abschaltung noch ca. 6 % (1,2 MW) der Nennleistung und exponentiell fallend - muss sicher abführbar sein.
- Es darf keine unzulässige Freisetzung von Radioaktivität an die Umgebung erfolgen.



Schnitt durch das Reaktorbecken. © FRM II

Aktiv und passiv wirkende Sicherheitsmechanismen

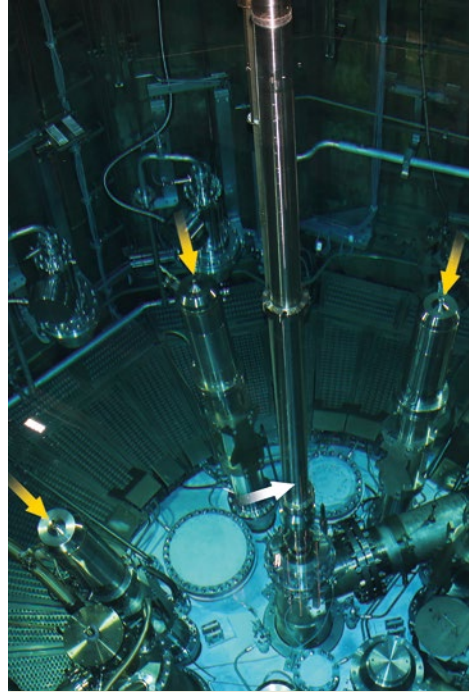
Sowohl im Normalbetrieb als auch bei Betriebsstörungen steht die Sicherheit des Personals, der Bevölkerung und der Umwelt im Vordergrund. Dies wird durch eine Kombination von passiv und aktiv wirkenden Sicherheitsmechanismen erreicht. Das System beinhaltet passive Sicherheitsmerkmale, die auf Naturgesetzen beruhen und deshalb niemals ausfallen können. Sie wirken passiv in dem Sinne, dass dazu keinerlei Aktionen durch den Menschen oder durch aktive Anlagenkomponenten erforderlich sind.

Ein Beispiel dafür ist das Brennelement. Es funktioniert nur in seiner vorgesehenen Umgebung. Denn es benötigt leichtes Wasser zwischen den Brennstoffplatten und schweres Wasser im umgebenden Moderatortank. Wenn eine Komponente fehlt oder sich etwa durch starkes Mischen von schwerem und leichtem Wasser verändert, erlischt automatisch die Kettenreaktion.

Schnelle und sichere Abschaltung des Reaktors

Der FRM II verfügt über ein redundantes Sicherheitssystem. Das bedeutet, es stehen mehr Mittel zur Verfügung, als zur Erfüllung der Funktionen notwendig sind.

Zu den aktiven Schutzeinrichtungen des FRM II zählen die beiden voneinander unabhängigen Abschaltssysteme und das Kühlsystem. Die beiden Abschaltssysteme dienen der schnellen und sicheren Abschaltung des Reaktors und umfassen den zentralen, im Innenkanal des Brennelements befindlichen Regelstab und das davon unabhängige System von fünf im Moderatorontank angeordneten Abschaltstäben. Jedes System reicht für sich alleine aus, den Reaktor rasch und dauerhaft abzuschalten.

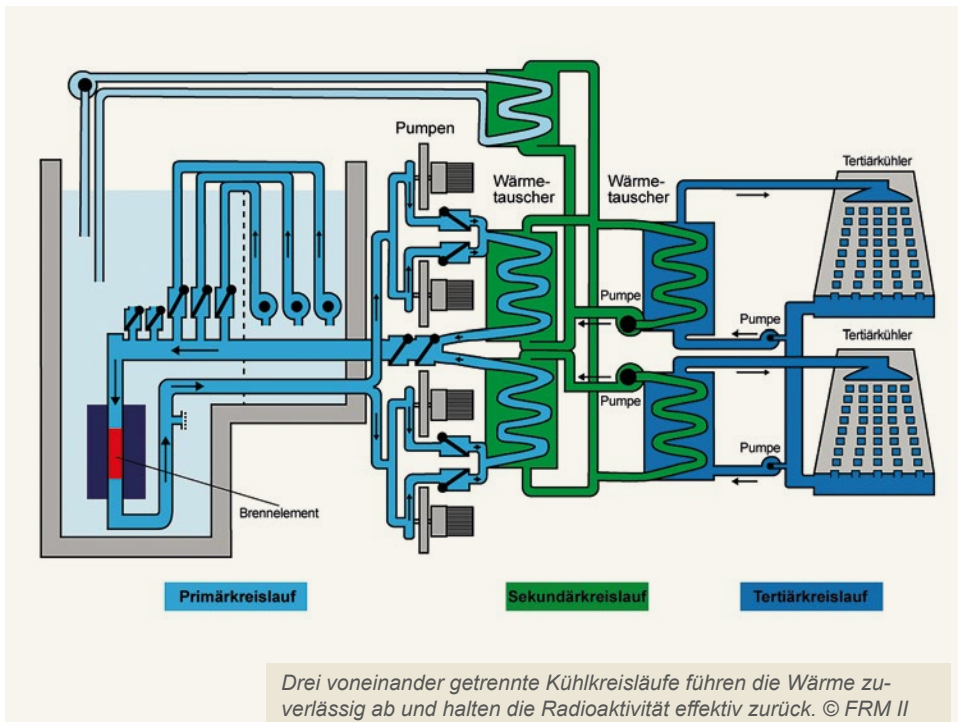


Der Regelstab (weißer Pfeil) und ein weiteres Schutzsystem von fünf im Moderatorontank angeordneten Abschaltstäben (drei davon auf dem Foto sichtbar, gelbe Pfeile). © FRM II

Kühlsystem

Der **primäre Kühlkreislauf** führt direkt durch das Brennelement: Zwischen den Brennstoffplatten fließen bei einem Druck von etwa 8 bar ca. 300 l Wasser pro Sekunde (das entspricht in etwa zwei Badewannen). Das Wasser wird dabei um etwa 16 °C auf 50 °C aufgewärmt. In den Wärmetauschern wird die Wärme aus dem primären an den **sekundären Kühlkreislauf** abgegeben – eine weitere Barriere zur Rückhaltung von Radioaktivität. Erst der **Tertiärkreis** führt ins Freie zu den Kühltürmen, in denen die Wärme v. a. über Verdunstung an die Umgebungsluft abgegeben wird.

Der Primärkühlkreis und das Reaktorbecken bilden eine konstruktive Einheit. Sie sind vom Rest des Gebäudes durch eine ca. 5 cm breite Fuge getrennt. Erschütterungen, die von außen auf das Gebäude wirken (z. B. Erdbeben), werden also nicht auf den Primärkreislauf übertragen. Jede Unregelmäßigkeit im Kühlsystem führt zu einer sofortigen Abschaltung des Reaktors.



Nachzerfallswärme nach einer Reaktorabschaltung

Bereits eine Sekunde nach Abschaltung des FRM II beträgt die Nachzerfallsleistung nur noch ca. 1,2 MW. Zur Abführung der Nachzerfallswärme nach der Abschaltung benötigt der Forschungsreaktor weder elektrische Energie von außen noch die Verfügbarkeit der vorhandenen Notstromaggregate.

Nach einer Reaktorabschaltung laufen automatisch die in dreifacher Redundanz vorhandenen Nachkühlpumpen an. Diese werden von einem dreifach vorhandenen Satz an Batterien betrieben und fördern zur Kühlung Beckenwasser durch das Brennelement. Eine einzige Pumpe würde bereits ausreichen, um die Nachwärme des Reaktors abzuführen.

Nach ca. drei Stunden ist die Nachzerfallsleistung so gering, dass auf diese Pumpen ganz verzichtet werden kann. Die dann noch anfallende Wärme wird durch Naturkonvektion in das Beckenwasser abgegeben. Selbst beim kompletten Ausfall aller Kühlsysteme würden die 700 m³ Wasser des Reaktorbeckens zum Abführen der gesamten Restwärme des Brennelements ausreichen. Das Wasser würde sich dabei auf weniger als 80 °C erwärmen.

Ohne jeden weiteren Eingriff von außen garantieren also Naturgesetze stets das Abführen der gesamten Nachzerfallsleistung, ein weiteres passives Sicherheitsmerkmal.

Barrieren gegen Freisetzung von radioaktiven Stoffen

Bei der Kernspaltung des Urans im Brennelement entstehen Spaltprodukte, die radioaktiv sind. Der FRM II verfügt über drei Barrieren, die eine Freisetzung verhindern:

- Die **Brennstoffplatten** sorgen dafür, dass die entstehenden Spaltprodukte im Brennstoff eingeschlossen bleiben.
- Sollten radioaktive Spaltprodukte aus dem Brennelement austreten, so stellt das **Wasser des Reaktorbeckens** eine wirkungsvolle Barriere dar.
- Das Reaktorgebäude bildet mit seiner **1,80 m dicken Außenwand** aus armiertem Beton die dritte Barriere gegen eine unkontrollierte Freisetzung radioaktiver Stoffe.

Überwachung des FRM II und seiner Umgebung

Die Qualität und Funktionstüchtigkeit der technischen Ausrüstung sowie die Fachkunde des Personals, die durch eine stetige Fortbildung gewährleistet wird, werden durch die atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde – das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) – permanent überwacht. Das StMUV bedient sich dabei auch unabhängiger Sachverständiger.

Des Weiteren überprüfen aufgrund internationaler Verpflichtungen Inspektoren der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) und der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) am FRM II kontinuierlich den Bestand an Kernbrennstoffen.



Aus der Umgebung der Forschungs-Neutronenquelle werden Proben, hier Salat und Milch, auf ihren Gehalt an Radioaktivität untersucht. © Bernhard Ludewig

Emissions- und Immissionsüberwachung

Die Abgabe von gasförmigen oder flüssigen radioaktiven Stoffen (Emissionen) über die Fortluft (Kamin) oder das Abwasser sowie das Einwirken auf die Umgebung (Immission) werden sowohl vom Strahlenschutz des FRM II als auch von der Aufsichtsbehörde laufend und unabhängig voneinander kontrolliert.

Zur Emissionsüberwachung befinden sich festinstallierte Messstellen im Fortluftkamin des Reaktors sowie auf dem FRM II- bzw. Campusgelände. Alle relevanten Messwerte werden über die betriebliche Leittechnik abgefragt und zusätzlich an das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) übertragen (Kernreaktor-Fernüberwachungssystem KFÜ). Zusätzlich betreibt das LfU wie im Umkreis aller bayerischen kerntechnischen Anlagen ein eigenes Messnetz zur Messung der Dosisleistung.

Eine unabhängige Messstelle untersucht im Rahmen der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) Proben aus der Umgebung des FRM II auf ihren Gehalt an Radioaktivität. Dazu zählen Wasser, Aerosole, Bodenproben, Pflanzen, Milch, Getreide oder Fisch.



Der Strahlenschutz untersucht Bodenproben aus der Umgebung des FRM II auf ihren Gehalt an Radioaktivität. © FRM II

Aktuelle Messwerte sind auf der Webseite des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zu finden:



<https://www.lfu.bayern.de/strahlung/kfue>

Wetterturm liefert Daten

Das Meteorologische Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München betreibt im Auftrag des FRM II auf dem Oskar-von-Miller-Turm des Campus Garching eine Wetterstation. Mit Hilfe der aufgezeichneten Wetterdaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Niederschlag) und den radioaktiven Emissionen wird die jährliche Dosisbelastung für eine repräsentative Person berechnet.

Die Wetterdaten dienen auch der radiologischen Überwachung.



Der Oskar-von-Miller-Turm zeichnet die Wetterdaten auf dem Campus in Garching auf. © FRM II

Wichtige Begriffe

Was ist Radioaktivität?

Atome sind Bausteine der Materie. Sie bestehen aus einem Kern, der von einer Atomhülle umgeben ist. Manche Atomkerne wandeln sich ohne äußere Einwirkung um. Sie senden dabei Strahlung aus, sogenannte radioaktive oder ionisierende Strahlung.

Aktivität

Die „Aktivität“ gibt die Kernumwandlungen innerhalb einer bestimmten Zeit an. Ein Becquerel (Bq) bedeutet eine Kernumwandlung pro Sekunde. Die für jeden radioaktiven Stoff charakteristische Halbwertszeit gibt an, nach welcher Zeit nur noch halb so viele Kernumwandlungen stattfinden.

Dosis

Die Dosis als Maß für die Wirkung von ionisierender Strahlung auf den Menschen wird in „Sievert“ (Sv) angegeben. Die mittlere natürliche Strahlenexposition beträgt in der Bundesrepublik etwa 2,1 Millisievert pro Jahr.

Kontamination

Verunreinigung einer Person, eines Gegenstandes oder der Umwelt mit radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen.

Natürliche und zivilisatorische Strahlungsquellen pro Person und Jahr



Schwankungsbreite der natürlichen Strahlung in Deutschland:
1 bis 6 mSv



Bei 10 Flugstunden in 10.000 m Höhe:
0,05 mSv



Durch medizinische Diagnostik und Therapie:
etwa 1,9 mSv



In Gebäuden durch Baustoffe:
0,8 bis 1,7 mSv



Durch den Betrieb des FRM II in der unmittelbaren Umgebung der Anlage:
< 0,001 mSv

Katastrophenschutz

Die Verantwortung gegenüber den Mitarbeiter:innen, Studierenden und Nachbar:innen erfordert auch eine detaillierte Planung für den Katastrophenfall. Dafür wird der gravierendste Fall, eine vollständige Kernschmelze, als Hypothese postuliert. Selbst in diesem Fall wäre das Reaktorgebäude ein wirksamer radiologischer Schutz. Die 1,80 m dicken Außenwände des Reaktorgebäudes schützen zuverlässig gegen Direktstrahlung.

Darüber hinaus kann das Reaktorgebäude nahezu luftdicht abgeschlossen werden. Berechnungen belegen, dass die Filteranlagen der Lüftung imstande sind, die Spaltprodukte auch im postulierten Fall einer vollständigen Kernschmelze hinreichend zurückzuhalten. Die maximale effektive Dosis infolge von Direktstrahlung und Abgabe über den Kamin in der bewohnten Umgebung, unter sehr konservativen Randbedingungen, würde dann etwa 6,5 mSv (Millisievert) für eine erwachsene Person betragen.

Die Technische Universität München als Betreiberin der Forschungs-Neutronenquelle und das Landratsamt München als zuständige Katastrophenschutzbehörde haben neben der Vorsorge zum Schutz der Bediensteten auf dem Forschungsgelände auch Vorkehrungen für alle anderen Personen in der Umgebung getroffen.

Für das Gelände des FRM II besteht ein innerbetrieblicher Alarmplan, in dem alle Sofort- und Hilfsmaßnahmen aufgezeigt sind. Dieser Plan wird kontinuierlich auf dem aktuellen Stand gehalten und dient auch als Grundlage für Katastrophenschutzübungen.

Das Landratsamt München hat, aufbauend auf dem innerbetrieblichen Alarmplan des FRM II, einen besonderen Katastrophenschutzplan entwickelt. Dieser koordiniert in einer Notfallsituation alle nötigen Schutz- und Hilfsmaßnahmen für die Menschen, die sich in der Umgebung des Reaktorgeländes aufhalten. Grundlage hierfür sind die von Bund und Ländern gemeinsam erarbeiteten „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“, die in Bayern durch die „Richtlinien für die Erstellung objektbezogener Katastrophenschutz-Sonderpläne für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen sowie für Maßnahmen des Katastrophenschutzes bei kerntechnischen Unfällen“ (vom 04.11.2015) noch konkretisiert wurden.

Die Katastrophenschutzbehörden sind auf die Einleitung der folgenden Maßnahmen vorbereitet:

Alarmierung

Bei einem Stör- oder Unfall wird die Betreiberin der Forschungs-Neutronenquelle FRM II unverzüglich nach einem detailliert festgelegten Meldeschema die zuständigen Behörden und Stellen informieren. Die Alarm- und Meldewege sowie die Funktionsfähigkeit der hierfür vorgesehenen geschützten Leitungen werden von der Polizei zusammen mit der Betreiberin des FRM II fortlaufend überprüft.

Einsatzleitung

Nach einem Störfall mit möglichen Auswirkungen auf die Umgebung wird das Landratsamt München die Einsatzleitung übernehmen und – falls notwendig – die Katastrophenschutzmaßnahmen einleiten und koordinieren.

Organisation von radiologischen Messungen

Neben den stationären Messeinrichtungen am FRM II sowie in der Umgebung kommen nach einem Störfall zusätzlich mobile Messtrupps der Katastrophenschutzbehörde und der Feuerwehren zum Einsatz.



Mobile Messtrupps der Katastrophenschutzbehörde und der Feuerwehren, hier Werkfeuerwehr Garching, Feuerwehr der Technischen Universität München. © Werkfeuerwehr TUM

Diese Messtrupps führen Messaufgaben und Probenahmen in der Umgebung des Forschungsgeländes durch und teilen die Ergebnisse dem Bayerischen Landesamt für Umwelt mit, das auf der Grundlage der Daten zusammen mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz das Landratsamt München berät und die erforderlichen Maßnahmen vorschlägt.

Wie ist der Mensch radioaktiven Stoffen ausgesetzt?

- Einatmen der radioaktiven Stoffe
- Strahlung aus in der Luft vorhandenen radioaktiven Stoffen
- Strahlung vom am Boden abgelagerten Stoffen
- Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Nahrung

Maßnahmen des Katastrophenschutzplans

Bei einer befürchteten oder erfolgten Freisetzung radioaktiver Stoffe sind abgestufte Maßnahmen vorgesehen. Diese sind an die Entfernung zur Anlage, die Art und den Umfang der Freisetzung sowie die Wettersituation angepasst. Die Führungsgruppe Katastrophenschutz entscheidet im konkreten Fall, was zu tun ist.

Die Umgebung des FRM II wird in zwei Zonen eingeteilt:

- **Zentralzone:** Forschungsgelände um den Forschungsreaktor
- **Mittelzone:** mit einem Radius von 2 km um den FRM II

Für alle Zonen sind abgestufte Schutzmaßnahmen vorbereitet.



- Zentralzone
- Mittelzone

Welche Schutzmaßnahmen sind im Einzelnen geplant?

Unterrichtung der Bevölkerung



Warninformationen über die App „KATWARN“



Informationen über Rundfunk, Fernsehen, Videotext und Internet



Durchsagen über Lautsprecherwagen von Polizei, Feuerwehr und Katastrophenschutz.



Webseite des FRM II
www.frm2.tum.de



Webseite des Landratsamts München
www.landkreis-muenchen.de



Die Rundfunkdurchsagen erfolgen über die Sender, die auch Verkehrsdurchsagen senden (z. B. Bayern 3, Antenne Bayern und weitere Privatsender). Die Durchsagen werden der aktuellen Situation angepasst und regelmäßig gesendet. In einem solchen Fall sollte das Radio also immer angeschaltet bleiben. Zusätzlich können diese Informationen auch über die Videotexttafeln des Bayerischen Rundfunks sowie über die Internetseite des Landratsamtes München, als zuständige Behörde, abgerufen werden.

Aufenthaltsempfehlungen

Im Falle eines Unfalls würden freigesetzte radioaktive Stoffe vor allem über die Luft transportiert. Da der Aufenthalt in Gebäuden einen beträchtlichen Schutz bietet, wird die Katastrophenschutzbehörde – falls nötig – empfehlen, im Haus zu bleiben und Türen und Fenster zu schließen sowie Lüftungs- und Klimaanlage abzuschalten. Somit wird der Kontakt mit radioaktiven Stoffen weitgehend vermieden. Die unabhängige Strahlenschutzkommission (SSK) empfiehlt ab einer prognostizierten effektiven Dosis von 10 mSv (Millisievert) durch äußere Exposition in sieben Tagen und der Folgedosis durch die in diesem Zeitraum inhalierten Radionuklide den Aufenthalt in Gebäuden.

- Haben Sie sich im Freien aufgehalten, könnten an Kleidung, Kopf und Händen radioaktive Stoffe haften. Legen Sie deshalb nach Betreten des Hauses Oberbekleidung und Schuhe ab und lagern Sie sie in Plastikbeuteln. Waschen Sie sich Kopf und Hände gründlich unter fließendem Wasser. Duschen Sie Haustiere ab, die sich im Freien aufgehalten haben.
- Versorgen Sie sich möglichst mit Lebensmitteln aus dem Haus. Obst und Gemüse sollten Sie jetzt nicht mehr ernten. Leitungswasser kann ohne Bedenken benutzt werden, da die Wasserwerke kontinuierlich überwacht werden.
- Informieren Sie auch Ihre Nachbar:innen, besonders wenn sie hilfsbedürftig, krank oder der deutschen Sprache nicht mächtig sind.
- Benutzen Sie die Notrufe der Feuerwehr oder der Polizei nur in dringenden Notfällen.

Ausgabe und Einnahme von Jodtabletten

Radioaktives Jod gehört zu den Stoffen, die bei einem Unfall in einer kerntechnischen Anlage freigesetzt werden könnten. Durch Einlagerung in die Schilddrüse kann die Strahlung den Körper besonders belasten. Die rechtzeitige Einnahme von Kaliumjodid-Tabletten führt zu einer Sättigung der Schilddrüse mit nichtradioaktivem Jod, so dass radioaktives Jod nur noch sehr begrenzt vom Körper aufgenommen werden kann. Das Landratsamt München sowie die betroffenen Städte und Gemeinden halten deswegen Jodtabletten bereit, diese werden falls notwendig an die Bevölkerung ausgegeben.

Diese Tabletten sollten ausschließlich nach entsprechender behördlicher Aufforderung durch Lautsprecher- und Rundfunkdurchsagen eingenommen werden, da sie gesundheitliche Risiken haben, wenn sie unnötig oder zu hoch dosiert eingenommen werden. Personen über 45 Jahren sollten, da das Risiko für die Auslösung einer Schilddrüsenüberfunktion durch die Jodeinnahme größer ist als eine eventuelle Schädigung durch die Strahlenbelastung, keine Tabletten einnehmen.

Evakuierung

Die Strahlenschutzkommission (SSK) empfiehlt ab einer zu erwartenden effektiven Dosis von 100 mSv (Millisievert) durch äußere Exposition in sieben Tagen und der effektiven Folgedosis durch die in diesem Zeitraum inhalierten Radionuklide Evakuierungsmaßnahmen. Der Katastrophenschutzplan sieht Evakuierungsmaßnahmen vor, obwohl diese Dosis unter realistischen Annahmen nie erreicht werden kann.

Der Katastrophenschutzplan umfasst als Evakuierungsstufe 1 (Zentralzone) das gesamte Forschungsgelände, die Evakuierungsstufe 2 (Mittelzone) reicht bis zu einem Umkreis von 2 km um den FRM II. Diese Bereiche sind in der Karte auf Seite 28 dargestellt.

Das genaue Evakuierungsgebiet wird von der Führungsgruppe Katastrophenschutz nach Kenntnis der konkreten Bedingungen wie Wetterlage (Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Niederschlag) und Zustand der Reaktoranlage festgelegt.

Alle Betroffenen erhalten über Rundfunk oder Lautsprecherdurchsagen die notwendigen Informationen über:

- **Evakuierungswege**
- **Sammelstellen, an denen Personen ohne eigenen PKW abgeholt werden**
- **Ansprechstellen für Personen, die nicht in der Lage sind, in einem PKW mitzufahren oder sich an eine Sammelstelle zu begeben**
- **Kontaminationskontrollen.**

Was sollten Sie bei einer angeordneten Evakuierung tun?

- Bewahren Sie Ruhe.
- Beachten Sie Durchsagen von Polizei und Feuerwehr sowie amtliche Durchsagen im Rundfunk. Hier erfahren Sie die besten Fahrtrouten aus dem Gefahrenbereich heraus.
- Überzeugen Sie sich, ob Ihre Nachbar:innen den Aufruf zur Evakuierung gehört haben und leisten Sie wenn nötig Hilfe.
- Packen Sie wenige, unerlässliche Gegenstände zusammen. Hierzu gehören Medikamente, Geld, Ausweise und Notgepäck für zwei bis drei Tage. Denken Sie auch an Ersatz der Oberbekleidung (Kontamination).
- Schließen Sie Gas- und Wasserhähne, löschen Sie offene Feuer und schalten Sie alle Elektrogeräte aus.
- Nehmen Sie Haustiere mit.
- Schließen Sie Wohnungen und Häuser ab. Evakuierte Wohngebiete werden von der Polizei überwacht.
- Bei der Fahrt mit dem eigenen Fahrzeug: Schalten Sie während der Fahrt das Autoradio ein. Nehmen Sie so viele Personen wie möglich mit.
- Wenn Sie das Gebiet nicht mit eigenem Fahrzeug verlassen können, warten Sie in Ihrer Wohnung, bis die Polizei die nächste Sammelstelle nennt. Dort werden Fahrzeuge für den Transport bereitgestellt.

Kindergärten und Schulen

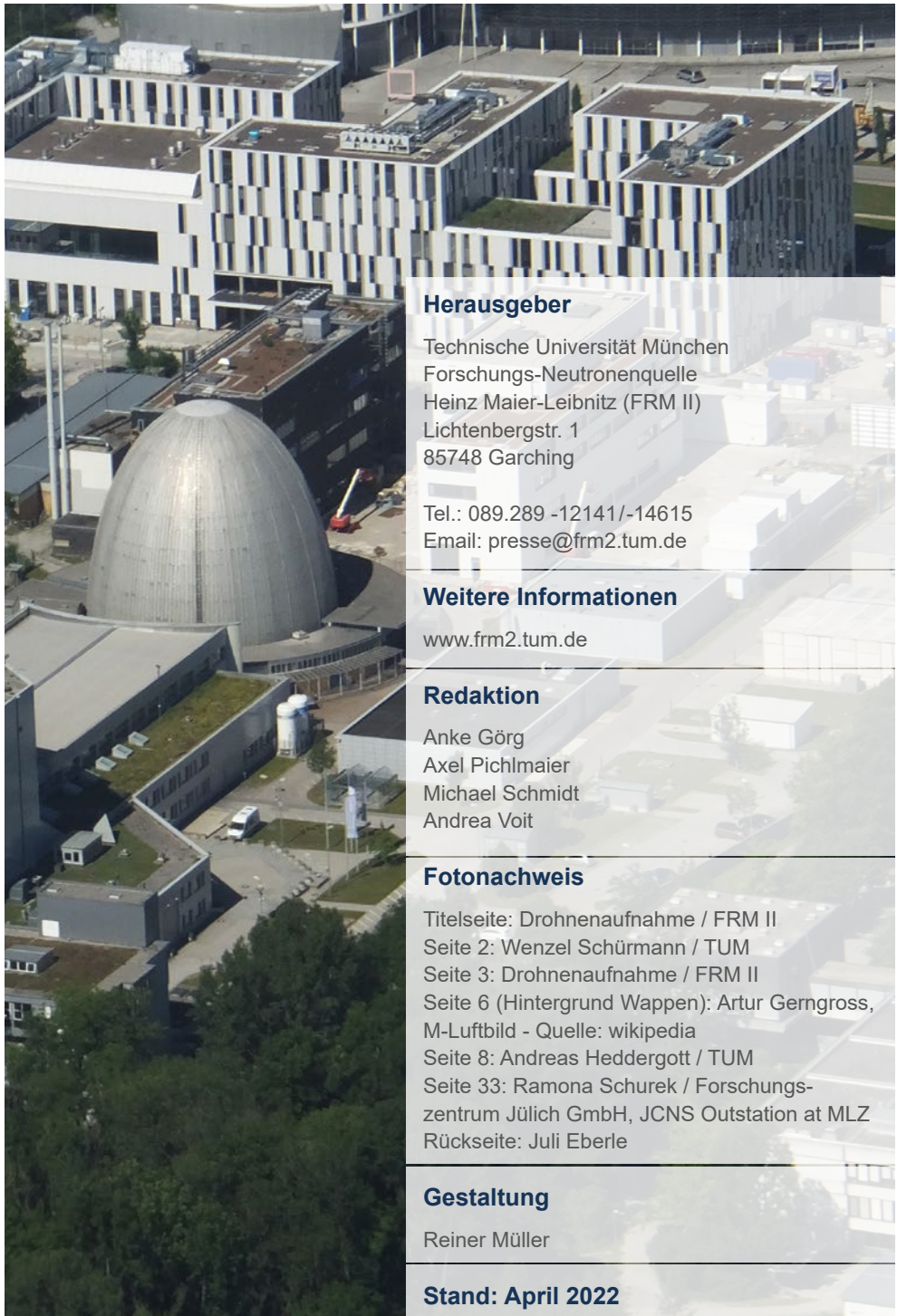
Die Katastrophenschutzbehörde wird im Bedarfsfall Schulen, Kindergärten und ähnliche Einrichtungen gesondert und direkt informieren und dafür sorgen, dass Kinder und Personal in den Einrichtungen bleiben oder – falls notwendig – in Sicherheit gebracht werden. An den Aufnahmeorten wird dann dafür gesorgt, dass Familien wieder zusammengeführt werden.

Zusammenarbeit mit Behörden

Im Bedarfsfall bildet das Landratsamt München eine Führungsgruppe Katastrophenschutz, die einerseits den Einsatz der Hilfskräfte koordiniert und andererseits mit allen betroffenen Behörden und Stellen Kontakt hält. Hervorzuheben ist hierbei besonders die Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt.

Verkehrslenkung

Sollte es aufgrund der Messdaten oder der Zufahrt von Hilfskräften erforderlich werden, erfolgt eine Verkehrslenkung. Dafür sind Einsatzkräfte der Polizei und Feuerwehr vorgesehen. Die Hinweise im Radio sind zu beachten.



Herausgeber

Technische Universität München
Forschungs-Neutronenquelle
Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)
Lichtenbergstr. 1
85748 Garching

Tel.: 089.289 -12141/-14615
Email: presse@frm2.tum.de

Weitere Informationen

www.frm2.tum.de

Redaktion

Anke Görg
Axel Pichlmaier
Michael Schmidt
Andrea Voit

Fotonachweis

Titelseite: Drohnenaufnahme / FRM II
Seite 2: Wenzel Schürmann / TUM
Seite 3: Drohnenaufnahme / FRM II
Seite 6 (Hintergrund Wappen): Artur Gerngross,
M-Luftbild - Quelle: wikipedia
Seite 8: Andreas Heddergott / TUM
Seite 33: Ramona Schurek / Forschungs-
zentrum Jülich GmbH, JCNS Outstation at MLZ
Rückseite: Juli Eberle

Gestaltung

Reiner Müller

Stand: April 2022



Warum erhalten Sie diese Broschüre?



Zur Information für Anwohner:innen und Interessierte, zur Stärkung des gewachsenen Vertrauens, aber auch um der gesetzlichen Verpflichtung nach § 106 (4) Strahlenschutzverordnung nachzukommen, legen die Technische Universität München und die Regierung von Oberbayern diese Broschüre in aktualisierter Form vor.