

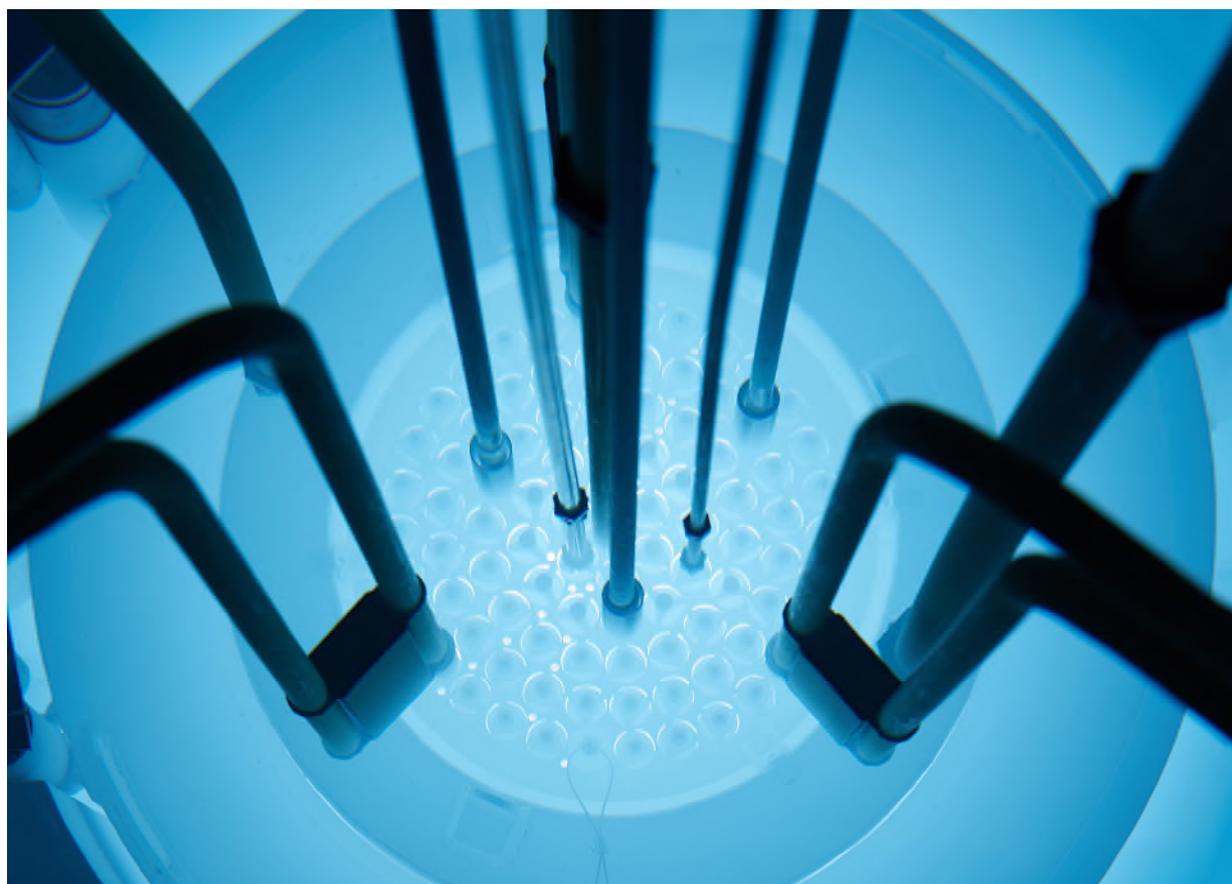
VDI

RHEINGAU

Regional-Magazin

4/2016

Mitgliederzeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure
Rheingau-Bezirksverein • Mainz und Wiesbaden



Der Forschungsreaktor TRIGA Mainz

Ein Leuchtturm in der
Hochschullandschaft Rhein-Main

VDI RHEINGAU Regional-Magazin

Mitgliederzeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure

Rheingau-Bezirksverein • Mainz und Wiesbaden

19. Jahrgang • 4. Quartal 2016

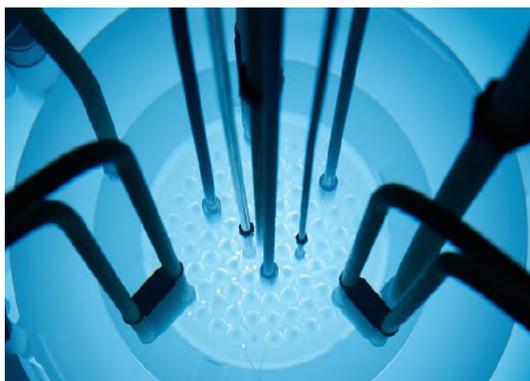
Zu dieser Ausgabe

Der Forschungsreaktor TRIGA Mainz im Institut für Kernchemie der Johannes-Gutenberg Universität Mainz kann durchaus als Leuchtturm in der Hochschul- und Wissenschaftslandschaft Rhein-Main bezeichnet werden. Seit mehr als 50 Jahren ist er störungsfrei in Betrieb, liefert Neutronen für viele Experimente, die zur internationalen Spitzenforschung gerechnet werden können. Neben dieser wissenschaftlichen Verwendung wird er auch als Trainingsreaktor für die Ausbildung junger Wissenschaftler und Reaktorfachleute genutzt und trägt so wesentlich dazu bei, dass das Knowhow der Kerntechnik auch in Zukunft in Deutschland erhalten bleibt. Wie er aufgebaut ist, wie er funktioniert und warum er inhärent (wörtlich übersetzt "innewohnend") sicher ist, zeigt der Beitrag von Dr. Christopher Geppert und Dr. Klaus Eberhardt, Betriebsleiter und stellv. Betriebsleiter (Seite 14).

Die Simulationstechnik in all ihren Facetten hat sich in den letzten Jahren zu einem fast überall einzusetzenden Werkzeug der Ingenieur Tätigkeit entwickelt. Besonders in der Produktentstehung ist es möglich, bereits in einer frühen Phase durch am Computer durchgeführte Simulationen Erkenntnisse zu gewinnen, die früher erst nach dem Bau des ersten Prototyps einer Maschine oder Anlage ermittelt werden konnten. Prof. Herbert Baaser, Technische Hochschule Bingen und Gründer des neuen VDI-Arbeitskreises Simulationstechnik, gibt in seinem Bericht eine Übersicht über die Möglichkeiten und stellt an konkreten Beispielen das Vorgehen dar (Seite 19).

Neun Beiträge dieser Ausgabe (von Seite 7 bis 12) beschäftigen sich mit der „Arbeit mit den Kindern“. So wird unser Bemühen, Nachwuchs für die Technik durch das Angebot geeigneter Spiele und Experimente in einer frühen Lebensphase zu gewinnen, manchmal genannt. Diese langfristig wirkende Arbeit mit einem Zeithorizont von 15 bis 20 Jahren wird inzwischen auch außerhalb des VDI anerkannt. Die wachsende Zahl der Sponsoren und die größer gewordene Zahl der Presseberichte über vom VDINI-Club und den VDI-Zukunftspiloten durchgeführte Veranstaltungen sind ein Beleg dafür.

Redaktion des VDI-Rheingau-Regionalmagazin
Heinz-Ulrich Vetter



Titelbild: Das Bild zeigt den Reaktorkern im Lichte der Tscherenkow-Strahlung während eines Neutronen-Pulses. Foto: Bernhard Ludewig

Tscherenkow-Strahlung in Reaktorkernen

Im Kern eines Reaktors wird die charakteristisch blaue Tscherenkow-Strahlung hervorgerufen durch Elektronen, die sich im mit Wasser gefüllten Reaktorbecken schneller bewegen als das Licht in diesem Medium. Derart hochenergetische Elektronen werden beim radioaktiven Zerfall der in den Brennelementen eingeschlossenen Spaltprodukte erzeugt. Das bedeutet also, dass die Intensität der Tscherenkow-Strahlung direkt mit der Spaltrate, das heißt mit der Reaktorleistung, korreliert. Durch Messung der Tscherenkow-Intensität mittels eines lichtempfindlichen Detektors kann man so den zeitlichen Verlauf und die Halbwertsbreite der Pulse messen.

In dieser Ausgabe

Editorial	3
Verein	
Mitglieder	
Der VDI gratuliert	4
Neue Mitglieder	4
Verstorbene	5
Glückwünsche: Professoren Fender und Scheppat	5
Aus den Arbeitskreisen	
Zwei neue Arbeitskreise in Gründung	6
Arbeitskreis Senior-Ingenieure	
Exkursion zu ESWE Verkehr	6
Exkursion zum Opel Test-Center	7
Arbeitskreis VDINI-Club/VDI-Zukunftspiloten	
Fahrten und Besichtigungen	
Deponie Flörsheim-Wicker	7
Flughafen Frankfurt	8
Schneider Messtechnik, Bad Kreuznach	8
ESOC (ESA) Darmstadt	9
Experimente in Kitas und Schulen	
Ev. Kita Hochheim	9
Grundschule Saulheim	10
Main-Taunus-Schule Hochheim	10
Aktivitäten in den Weilbacher Kiesgruben	
Volles Programm und Ergänzung der technischen Einrichtung	11
Der siebte Experimentiertag für Kinder	12
Der Experimentiertag in den Medien	12
Nachrichten/Verschiedenes	
Umbenennung FH in TH Bingen	13
Weitere Auszeichnung für VDI-Preisträgerin	13
E-Mail-Adressenänderung	13
Impressum	13
Forschung	
Johannes Gutenberg-Universität Mainz / Titel	
Der Forschungsreaktor TRIGA Mainz	14
Angewandte Forschung	
Technische Hochschule Bingen	
Simulationstechniken in der Produktentstehung	19
Veranstaltungen	
Veranstaltungskalender	19

Editorial

„Wirkungen des VDI“

Liebe Mitglieder des VDI Rheingau-Bezirksvereins,

eine Erhebung der Technischen Hochschule Ingolstadt zum Einfluss und den Wirkungen des VDI an Hochschulen hat einige interessante Informationen hervorgebracht. Vieles von dem, was kürzlich in dieser Studie publiziert wurde, wird bereits seit mehreren Jahren in den Hochschulen unseres Bezirksgebietes umgesetzt.



Bei der Erhebung ging es unter anderem um den Einfluss des VDI auf die Studierenden der Ingenieurwissenschaften. Die mit Umfragen verbundenen Arbeiten wurden von angehenden Betriebswirten und Studierenden der Wirtschaftswissenschaften durchgeführt, die als neutrale Interviewer die tatsächlichen Wirkungen des VDI besser beurteilen können. Dabei wurden die typischen Kommunikationswege genauso untersucht wie Praxisbeispiele aus den unterschiedlichen VDI-Hochschulgruppen.

Nicht überraschend war zum Beispiel, dass vom VDI organisierte und finanzierte Exkursionen zu Messen und Firmen sowie die Organisation von VDI-Karrieretrainings besonders beliebt sind. Des Weiteren wünschen sich die an einer Hochschule zu einer VDI-Gruppe zusammengeschlossenen Studierenden ein eigenes Budget innerhalb der Bezirksvereine. Dies ist im Rheingau-Bezirksverein bereits seit Jahrzehnten gängige Praxis. Die Studierenden haben

bei uns immer ein offenes Ohr und sind Mitglied im sogenannten erweiterten Vorstand, zu dessen Sitzungen sie eingeladen werden.

Auf der Wunschliste steht auch, dass sich die Studierenden der VDI-Hochschulgruppen einen Mentor oder Kontaktdozent unter den Professoren wünschen, den sie in allen Belangen des VDI ansprechen können. Diesen berechtigten Wunsch an allen Hochschulen unseres Gebietes umzusetzen, ist uns trotz immer wieder neuer Versuche bisher nicht gelungen.

Als Bezirksverein wollen wir nicht nur in die Hochschulen hineinwirken, sondern wir wollen auch in den Firmen, besonders bei denen, die unsere Förder-Mitglieder sind, Gedanken und Ideen aus der VDI-Welt verbreiten und so zu dem großen VDI-Netzwerk beitragen.

Wir haben daher vor einigen Wochen zwei neue Arbeitskreise ins Leben gerufen, bei denen wir unsere Förderfirmen von Anfang an durch Briefe, Umfragen und persönliche Kontakte eingebunden haben (Siehe Seite 6). Wir meinen, dass das so entstehende Netzwerk dadurch eine breitere Basis erhält und die Belange der Praxis stärker berücksichtigt werden. Und wir wollen gemäß unserem Leitspruch „Wir verbinden Kompetenz, auf beiden Seiten des Rheins sind wir aktiv“ Fachleute aus der Region zusammenbringen.

Es grüßt Sie herzlichst

Ihr



(Dipl.-Ing. Sven Freitag)

Vorsitzender des VDI Rheingau-Bezirksvereins

Verein

Mitglieder

Die Seiten 4 und 5 enthalten personenbezogenen Daten, die aus rechtlichen Gründen hier nicht gezeigt werden können.

Heinz-Ulrich Vetter, Redaktion des VDI Rheingau-Regionalmagazins

Zwei neue Arbeitskreise in Gründung

Der VDI Rheingau-Bezirksverein erweitert sein Angebot durch die Gründung von drei neuen Arbeitskreisen, die sich mit aktuellen Themen der Informationstechnik beschäftigen. Neu an dieser Initiative ist, dass hierbei die Fördermitglieder des Bezirksvereins von Anfang an mit eingebunden werden. Dadurch soll das entstehende Netzwerk auf eine breitere Basis gestellt und die Belange der Praxis sollen stärker als bisher berücksichtigt werden. Das bewährte Grundkonzept wird beibehalten: Gemäß dem Leitspruch „Wir verbinden Kompetenz, auf beiden Seiten des Rheins sind wir aktiv“ sollen die Fachleute aus der Region in einem VDI-Netzwerk zusammengebracht werden.

Arbeitskreis Simulationstechniken

Hier geht es um ein modernes Hilfsmittel, das aus der Ingenieur Tätigkeit in allen Branchen nicht mehr wegzudenken ist. Eine ausführliche Einführung in das Thema finden Sie auf Seite 18 dieses Magazins.

Vorgesehen sind drei bis vier Treffen im Jahr in Bingen, Mainz oder Rüsselsheim. Es sollen Fachinformationen und Vorträge rund um die virtuelle Produktentwicklung stattfinden, aber auch der Austausch von Erfahrungen und Wissen sowie das Netzwerken solle eine Rolle spielen. Das nächste Treffen ist geplant für den 30. 11. 2016 um 19 Uhr. Ort und genaues Thema liegen noch nicht fest.

Kontakt: Prof. Dr.-Ing. Herbert Baaser, TH Bingen
H.Baaser@TH-Bingen.de

Internet-Sicherheit

Das Internet als zentrales weltweites Kommunikationsmedium bestimmt weitgehend unseren Alltag, im Privatleben und in der Arbeitswelt. Auf der einen Seite steht der unbestreitbare Nutzen, vielleicht auch das Vergnügen, auf der anderen Seite lauern große Gefahren durch das Hinterlassen digitaler Spuren auf den Webseiten. Im VDI Rheingau-Regionalmagazin 1/2016 stellt Dieter Carbon, der zukünftige Leiter dieses Arbeitskreises, die Gefahren und mögliche Abhilfen vor.

Der neue Arbeitskreis möchte interessierten Privatpersonen, aber auch Vertretern von Firmen, die sich mit diesen Fragen bisher nicht befasst haben, ein Forum zum Wissens- und Erfahrungsaustausch zur Verfügung stellen, in dem diese Probleme von verschiedenen Seiten beleuchtet werden. Auch konkrete sofort anwendbare Erkenntnisse können gewonnen werden, um die persönliche oder firmenbezogenen IT-Umgebung zu verbessern. Vorgesehen sind vier bis sechs Sitzungen an wechselnden Orten. Entsprechende Vereinbarungen sind möglich.

Zwei Veranstaltungen sind noch in diesem Jahr vorgesehen, und zwar am Mittwoch, den 02. November und am Mittwoch, den 07. Dezember, jeweils 19 Uhr. Nähere Angaben finden Sie im Veranstaltungskalender für das vierte Quartal auf Seite 23.

Kontakt: Dipl.-Ing. Dieter Carbon, Hochheim
Dieter.Carbon@comidio.de

ESch, huv

Arbeitskreis Senior-Ingenieure

Exkursionen ESWE Verkehrsgesellschaft Wiesbaden

Die ESWE Verkehrsgesellschaft mbH ist der ebenso traditionsreiche wie zukunftsorientierte Betreiber des Öffentlichen Personennahverkehrs in der Landeshauptstadt Wiesbaden. Die Busse sind seit Jahrzehnten eine Selbstverständlichkeit im Wiesbadener Stadtbild. Viele technologische Innovationen an den Haltestellen und den Fahrzeugen, sowie ein ausgeklügelter Fahrplan haben der ESWE Verkehr den Ruf eines fortschrittlichen Unternehmens eingebracht.

Die junge rund 250 Fahrzeuge umfassende Busflotte ist insbesondere im Bereich der Abgasreduzierung und -filterung beispielgebend und trägt damit zur Luftverbesserung in der Kurstadt Wiesbaden bei.

Im Rahmen der jährlichen Exkursionen informierte sich der Arbeitskreis Senior-Ingenieure. Die Besichtigung begann mit einer Unternehmens-

präsentation von Herrn Geschäftsführer Gerhard, in der die eindrucksvolle Entwicklung der Verkehrsgesellschaft von 1 Straßenbahnlinie mit 5 innerstädtischen Buslinien im Jahr 1929 bis zur heutigen ESWE Fahrbetrieb GmbH vorgestellt wurde.

Das Unternehmen beschäftigt heute ca. 1000 Mitarbeiter und bedient über 937 Haltestellen verteilt auf 42 Bus-

linien mit einem Streckennetz von 650 km. Im Einsatz befinden sich 248 Busse, davon 107 Gelenkbusse. Der gesamte Busverkehr wird durch das Betriebssystem gesteuert. Hierzu konnten wir die Verkehrsleitzentrale besichtigen.

Großes Interesse fand die Vorstellung des Fahrbetriebes sowie der eigenen Fahrschule, die uns einen guten Einblick in die hoch qualifizierte Ausbildung des Fahrpersonals gab.

H.N. Werner



Vielleicht etwas für Sie?

Der Arbeitskreis Senior-Ingenieure will gezielt die aus dem aktiven Arbeitsleben ausgeschiedenen Ingenieure und ihre Partner ansprechen, ihnen geistige Anregungen und Einblicke in technisch interessante, aber auch in ökonomische Entwicklungen geben und mit ihnen gemeinsam In-

dustriebetriebe und andere Institutionen besuchen. Darüber hinaus sind auch interessante geschichtlich und kulturell bedeutsame Objekte Ziel der Exkursionen, wozu auch der Besuch hiermit verbundener Naturdenkmäler und Naturlandschaften gehört.
Hanns Nicol Werner
Tel.: 06134-757500, E-Mail: Nicol_Werner@t-online.de

Opel Test-Center in Dudenhofen

Großes Interesse fand der Besuch des Arbeitskreises Senioringenieure beim Opel Test-Center in Dudenhofen am 9. März 2016.

Dr. Schollmaier (Director GME Proving Grounds) führte uns mit seinem Vortrag in den Betrieb einer der weltweit modernsten Automobil-Teststrecken ein.

Das Test-Center besteht aus mehreren Teststrecken, die nach dem Erst-Ausbau noch erweitert wurden. Kernstück der Anlage in Rodgau ist ein Rundkurs mit einem Durchmesser von 1 Meile (entsprechend einem Umfang von 4,8 km).

Getestet werden alle Weiterentwicklungen von PKWs mit Entwicklungsfahrzeugen mit einer Gesamtlauflistung von 25.000 bis 40.000 km pro Tag. Besonders untersucht wird unter anderem die Geräusentwicklung auf verschiedenen Straßenbelägen. Entwickelt wird nicht nur für den



Tests für alle Fälle: Die verschiedenen Streckenteile und unterschiedliche Straßenbeläge sorgen dafür, dass die Fahrzeuge vor der Zulassung unter realistischen Bedingungen erprobt werden, hier auf einem Schnellfahrabschnitt.

Bild: Opel

europäischen Markt sondern für weltweite Kundenschaft.

Es sind 2 Typen von Testfahrern im Einsatz: Fahrer für Dauererprobung und Fahrer für Einzelentwicklungen. Die weitere Optimierung erfolgt heute im Wesentlichen auf dem PC, wobei Simulationsprogramme eine große Rolle spielen.

Zurzeit sind im Test-Center ca. 150 Mitarbeiter beschäftigt, insgesamt im Testbereich bei Opel 300 bis 400.

Da immer mehr Entwicklungsarbeit von Rüsselsheim nach Dudenhofen verlagert werden soll, wird die Anzahl der Beschäftigten

im Testcenter voraussichtlich auf bis zu 700 steigen.

Den eindrucksvollen Abschluss der Besichtigung bildete die Rundfahrt über das gesamte Testgelände, bei der Dr. Schollmaier uns die Funktionen der einzelnen Teststrecken erläuterte.

H.N. Werner

Arbeitskreis VDni-Club und VDI-Zukunftspiloten

Die Jugendarbeit des VDI Rheingau-Bezirksvereins war in den letzten 6 Monate durch besonders viele Aktivitäten geprägt. Fahrten zu technischen Einrichtungen und Industriebetrieben, Experimente in Kitas und Schulen, und in den Weilbacher Kiesgruben sowie als Höhepunkt der Experimentiertag bestimmten das Programm.

Fahrten und Besichtigungen

Deponie Flörsheim-Wicker

Am 12. Mai dieses Jahres um 14:15 Uhr startete ein kleiner Bus mit einer Gruppe "VDInis" in Begleitung einiger Eltern vom Bürgerhaus Flörsheim zur Rhein-Main Deponie Flörsheim-Wicker. Um 14:30 Uhr übergab Herr Truss die Gruppe einer "Führerin", die uns zuerst zum "Infopoint" brachte, wo uns eine zweite Dame erwartete

und wir mit schicken orangenen "Warnwesten" die uns als Besucher kennzeichneten, versorgt wurden.

So ausgestattet ging's los, zuerst zum "Wertstoffhof". Um einen Platz sind große Container angeordnet, in die konnte und sollte nach Anmeldung privater Müll oder Sondermüll getrennt abgegeben werden. Es gab Container für imprägniertes Holz, Holzplatten, Glas, Emaille-Metall, Elektrogeräte, Kühlschränke, Fernsehgeräte, Computer



Am Infopoint: VDInis und Begleiter informieren sich über eine größten Deponien im Rhein-Main-Gebiet. Bilder: VDI RHG



Ein Kennzeichen jeder Deponie: Große Erdbewegungsmaschinen bringen große Mengen Müll an die richtigen Stellen.

Verein

und anderes, also für viele Sorten "Sperr- oder Restmüll". Die Kinder staunten über die Vielfalt der geforderten Mülltrennung.

Weiter ging's zur Biogas-Erzeugung, kein allzu guter Geruch empfing die Besucher. Das gewonnene Gas wird in großen "aufblasbaren Zelten" gespeichert und je nach Bedarf der Energie-Nutzung zugeführt. Frappierend war die

Sortierung der von der Abfallverbrennung im Frankfurter Raum zurückzunehmenden und dann zu deponierenden Reste.

Nach ca. 1,5 Stunden war der Rundgang zu Ende, die "Besucherwarnwesten" wurden abgegeben, die beiden "führenden" Damen verabschiedeten uns zum Bus, und ab ging's nach Flörsheim zurück. *Gottfried Gunsam*

Flughafen Frankfurt

Am 14. Juli 2016 besuchten wir zum zweiten Mal den Frankfurter Flughafen.

Wir begannen mit einer großen Vorfelddrundfahrt, bei der uns die wichtigsten Einrichtungen des Flughafens erläutert wurden. Dazu gehören die Terminals, die Flugzeugabfertigung, das Start- und Landebahnsystem, die Flugzeugwartungsbasis der Deutschen Lufthansa AG, das Frachtzentrum Nord, die CargoCity Süd und die derzeitigen Ausbaumaßnahmen.

Danach folgte eine Besichtigung der Kfz-Werkstatt im Gebäude 100. Dort durften die Kinder in ein Feuerwehrfahrzeug steigen und dieses genauer besichtigen, und auch noch ein Enteisungsfahrzeug. Dabei hatten die Kinder Riesenspaß. Sie durften auch in dieses Fahrzeug klettern, dann dort die



Technik bedienen, mit einem Korb in die Höhe steigen bis zur Höhe eines Flugzeuges und dabei die Schaltvorgänge unter Aufsicht auslösen oder beenden. Allen hat es viel Spaß gemacht.

Wir hatten die Auflage, für jedes Kind eine Betreuungsperson zu stellen. 9 Kinder waren mitgefahren, 8 Elternteile und unsere VDini/VDI Zukunftspiloten-Mitarbeiter Sachs, Gunsam, Mackiol, Meyer, Schneider, Schnaith und ich. Das Programm begann um 12:30 Uhr und endete um 15:30 Uhr. Die Hin- und Rückfahrt erfolgte mit Bus aus Flörsheim

Wolfgang Truss

Auch für Erwachsene interessant: VDI Rheingau-Geschäftsführer Wolfgang Truss besteigt ein Feuerlöschfahrzeug. *Bild: VDI RHG*

Dr. Heinrich Schneider Messtechnik GmbH Bad Kreuznach

Die Firma Schneider Messtechnik befasst sich mit berührungslosen optischen und anderen Messverfahren. Das Unternehmen stattete als erstes der Welt optische Geräte mit Elektronik aus und kann sich trotz erheblicher Konkurrenz eine führende Position auf dem Marktsektor berührungsloser Fertigungsmesstechnik behaupten. Zu den Kunden gehören insbesondere die Automobil- und Zulieferindustrie, die Medizintechnik, der Maschinen- und Werkzeugbau sowie die Elektro- und Kunststoffindustrie.

Im Frühjahr 2016 wurde die Firma Fördermitglied des VDI Rheingau-Bezirksvereins, besonders, um die Initiativen in der Jugendarbeit zur Weckung des Interesses an technischen Berufen zu fördern. Zur „Nacht der Ausbildung“ am 20. Mai 2016 lud sie die VDI-Zukunftspiloten zur Besichtigung des Betriebes und zur Information über die beruflichen Möglichkeiten ein. Wegen der kurzfristigen Einladung war die Delegation des VDI relativ klein.

Nach dem freundlichen Empfang führte Geschäftsführer Dr. Kleuver die Gruppe persönlich durch die Fertigungs- und Versuchsräume. Er erläuterte die Geräte und deren Entwicklung und wies dabei auf die in letzter Zeit gewachsene Bedeutung der Software hin, dies schlage sich auch in den höheren Ansprüchen an die Mitarbeiter der Entwicklungsabteilung nieder, betonte Kleuver. *huv*

Über einen weiteren Besuch bei der Firma, die sich an Ausbildungsfragen sehr interessiert zeigt und auch auf dem Experimentiertag des VDini-Clubs am 2. September in Flörsheim vertreten war, berichtet der Leiter des Arbeitskreises VDini/VDI-Zukunftspiloten.

Am 1.9.2016 fuhr ich mit 21 Schülern und einem Lehrer der Schule am Rosenberg in Hofheim zu unserer Förderfirma nach Bad Kreuznach. Die beteiligten Schüler kommen aus einer Hauptschule und wollen in diesem Jahr die Realschulreife schaffen.

Wir wurden begrüßt und betreut vom Geschäftsführer Dr. Kleuver. Er zeigte uns per Power Point die Entstehungsgeschichte der Firma vom Anfang bis zum heutigen Tag. Dann erklärte er den Schülern die Geräte WMM, Messprojektoren, Messsoftware und die Laser-Pistole „Precise Laser Target PLT 2“.

Einige der Schüler durften mit Pistolen dieses Systems schießen, wie es die Modernen Fünfkämpfer bei den Olympischen Spielen in Rio auch taten. Die Fa. Schneider hat dieses System einer ungefährlichen präzisen Schusswaffe dort aufgestellt und betreut. Gegen Ende wurden alle Schüler nach ihrem Berufswunsch befragt und dann ging der tolle Besuch zu Ende. Wir traten die Rückfahrt um 11:30 Uhr wieder an.

Wolfgang Truss



VDI-Besucher und Gastgeber Dr. Kleuver (links)

ESOC (ESA) in Darmstadt

Am 6.9.2016 fuhren Frieder Schnaith und ich mit 16 Mitgliedern unserer Jugendorganisationen zur ESOC (ESA) nach Darmstadt. Die beteiligten Kinder sind alle sehr interessierte technikbegeisterte Jugendmitglieder im VDI-Club oder bei den VDI-Zukunftspiloten.

Wir wurden begrüßt von einer älteren Mitarbeiterin der ESA und von ihr durch das Gelände geführt. Sie beantwortete alle unsere Fragen mit Geduld und Humor. Als erstes zeigte sie uns einen Film über die Entstehungsgeschichte der ESA vom Anfang bis zum heutigen Tage. Dann erklärte sie unseren VDI-Jugendlichen die Aufgaben und die Arbeitsweise der ESA und zeigte uns den Operationsraum, die Arbeitsgruppe der

Raumsonde Rosetta. Wir sahen die Gruppen für die Erdbeobachtungsmission, Navigationsmission, Telekommunikationsmission und die Technologiemission. Wichtig ist, dass kein Mitarbeiter einer anderen Gruppe in die Räume dieser Gruppen kommt.

Wir erhielten Einblicke in die bemannte Raumfahrt und den Flugbetrieb und erfuhren, welche deutschen Astronauten schon im Weltall waren. Die ESA hat einen Etat von 4,433 Mrd. €. Wir durften keine Fotoapparate und Handys mit ins Gelände nehmen, aber die Besichtigung war toll. Nach eineinhalb Stunden intensiver Führung fuhren wir wieder

mit dem Bus nach Flörsheim zum Ausgangspunkt unserer Besichtigungsfahrt.

Wolfgang Truss



ESA European Space Agency: Europäische Weltraumorganisation
ESOC European Space Operation Center: Europäisches Raumflug-Kontrollzentrum

Experimente in Kitas und Schulen

Ev. Kita Hochheim

Gokarts in Modellbaugröße

Vier Wochen lang drehte sich alles um das Thema Auto.

Nachdem sich die Vorschulgruppe „Schlaue Füchse“ der Ev. KiTa Hochheim bereits im April an den Bau einer großen Seifenkiste gewagt hat, konnte sie sich nun an eigenen kleinen Gokartmodellen zum Zusammenbauen versuchen.

Zur technischen und tatkräftigen Unterstützung dieses „Autoprojektes“ konnte der VDI BV-Rheingau (Verein Deutscher Ingenieure) gewonnen werden. Mit viel Geduld und hohem Engagement haben Herr Truss und Herr Schneider den 14 Vorschulkindern das Thema „Autos“ vier Wochen lang nähergebracht. Auch die Bausätze wurden vom VDI ausgesucht, beschafft und beigelegt.

Folgende Themen und Fragen konnten geklärt werden: Seit wann gibt es Autos? Was war vor den Autos, wie sind Menschen von einer Stadt in die andere gekommen, wie haben sie Lasten transportiert? Wie sahen Straßen damals aus? Wer hat den ersten Motor erfunden? Wie funktioniert ein Ottomotor? Wie schnell sind die ersten Autos gefahren und wo haben sie ihr Benzin her bekommen? Aus welchen Einzelteilen besteht ein Auto? Und vieles andere mehr.

Anschaulich wurden die Projektstage mit Material, das die Kinder in die Hand nehmen und ausprobieren konnten. So hat Herr Schneider zum Beispiel ein Modell von einem 4Takt-Motor mitgebracht sowie ein Mo-



Fotos: A. Schubowitz



Gokart-Modelle: Selbstbauen macht allen Freude

dell von einem Getriebe. Die Kinder durften eine echte Zündkerze begutachten und mit einer Magnetzündung den Funken überspringen lassen, sowie darüber staunen, wie groß und schwer ein Kolben ist.

Nach so viel anstrengender Theorie durften sich die Kinder dann mit Schleifpapier, Holzleim und Schraubenzieher an den Bau eines eigenen Gokarts machen, an dem sie die Funktionsweise einer Lenkung gut begreifen konnten. Zum Schluss wurden die kleinen „Flinken Füchse“ noch individuell angemalt und ausprobiert – tolle Flitzer, die die Kinder als Andenken mit nach Hause nehmen durften (siehe Foto).

Die „Schlaue Füchse“ konnten noch eine Werksführung im Opelwerk Rüsselsheim Ende Juni erleben, die ebenfalls der VDI-Club organisiert hatte. So wurde das Autoprojekt zu einem krönenden Abschluss gebracht.

Die Gruppe der Kinder mit Betreuer wurden im Adam Opel-Haus empfangen und gleich mit einem Kopfhörer ausgestattet, so dass die Kommunikation auch im hohen Geräuschpegel der Produktion nicht abbricht. Zuerst wurde die Oldtimerwerkstatt mit der Präsentation von Nähmaschine, Fahrrad, Motorrad und natürlich Autos aller Jahrgänge gezeigt. Der Doktorwagen, Laubfrosch, Weltmeisterschafts Sieger Ascona, Manta aber auch das Raketenauto wurden von den Kindern erkundet.

Einen Blick in das Presswerk war möglich und so konnten die riesigen Pressen, die große Bleche bearbeiten aus entsprechender Distanz bestaunt

Verein

werden. Natürlich durften auch die Roboter nicht fehlen, die im Karosserie-Zusammenbau fleißig ihre genaue Arbeit beim Zusammenschweißen der Pressteile taten.

Von dem hochliegenden Besucherweg aus war die Endmontage des Autos „hautnah“ zu beobachten und man wunderte sich über die Vielfalt der Teile, die bereit standen und fachgerecht an das Auto gefügt wurden. Miterlebt wur-

de auch die „Hochzeit“ bei welcher die Achs- und Antriebsaggregate mit der Karosserie zusammengefügt und mit vielen Schrauben automatisch fixiert werden.

Nach der zweistündigen Tour ging es mit dem Bus wieder zurück zum Adam Opel Haus, dort verabschiedete man sich von Opel und auch von den VDI-Begleitern. *Angela Schubowitz, Ev. KiTa Hochheim; Manfred Schneider, VDI*

Grundschule Saulheim

Brückenbauprojekt

Die Grundschule Saulheim war eine der freundlichsten Schulen in Rheinland-Pfalz. Wir hielten dort Unterricht über Brückenbautechnik in 3 Klassen mit 215 Schülerinnen und Schülern, die als praktische Übung ein Brückenmodell bauen sollten.

Es wurde jeweils eine Brücke aus Papier und Seilen erstellt (Rialto-Brücke). Dabei wurden den Kindern erläutert, welche unterschiedlichen Brückentypen es gibt.

Außerdem wurde die jeweilige Konstruktion der Brücken am Bildschirm dargestellt und erklärt, wie diese gebaut werden. So erfuhren die Kinder die wichtigsten Unterschiede der in der Welt gebauten Brücken. Den Unterricht hielten die VDI-Team-Mitglieder Thomas Kubisch und Wolfgang Truss.

Wolfgang Truss

Die Rialto-Brücke: Aus Fachwerkelementen bestehende Rundbogenbrücke, benannt nach dem Vorbild in Venedig. Foto: VDI RHG



Main-Taunus-Schule Hofheim

Solartechnik und Schaltungen

Ein Schüler des Physikleistungskurses berichtet über Experimente, die er mit den VDI-Zukunftspiloten durchgeführt hat.

Bipolartransistoren? Kollektorstrom? Vierquadrantenkennlinienfeld? Wie bitte? So in etwa sah unsere erste Reaktion aus, als wir im Rahmen des Zukunftspilotenprogramms des VD-Rheingau unsere Projektarbeit begannen.

Genau genommen ging es am ersten Tag aber um Solarstationen, denen wir in der Weilbacher Kiesgrube auf



Messungen an einem Solarmodul

das „Panel“ fühlten... Die Arbeit bestand zwar größtenteils darin, Ziffern so laut vom Messgerät abzulesen, dass sie jeder in seine Tabelle und später ins Diagramm eintragen konnte, aber trotzdem ist die Abhängigkeit der Leistung vom Einfallswinkel des Lichts oder der Fläche der Zelle durchaus interessant, auch wenn man sich keine Selbstbau-Solaranlage aufs Dach schrauben möchte.

Fakt ist, dass das, neben der ganzen Quantenphysik, die der Lehrplan vorschreibt, einer der ersten praktischen Versuche war, die dieses Halbjahr durchgeführt werden konnten.

Doch während wir bei den Solarversuchen noch recht wenig mit der Schaltung anfangen konnten, waren wir es,

die an den folgenden Tagen ins kalte Wasser geschubst wurden und selbst Schaltungen stecken sollten.

Der mit Steckbrettern, Transistoren und Dioden (zumindest größtenteils) völlig überforderte Physik LK sollte nun also das Stromsteuerungskennlinienfeld mit Hilfe von IB und IC untersuchen... Na, herzlichen Glückwunsch...

Doch von ersten funktionierenden Schaltungen euphorisiert, ließ der Drang gar nicht mehr nach und so kamen nicht nur Kennlinien, sondern auch eine Umwandelungsschaltung von Wechselspannung mit 10 V zu Gleichspannung mit 5 V zustande.

Wenn das Messgerät dann tatsächlich, nach gefühlt 250 Drähten, Widerständen und Kondensatoren, den richtigen Wert zeigt... Glücksgefühle, die im Leben eines Physik LK-ers nur selten erreicht werden.

Und auch wenn sicherlich nicht jeder Gang des Stroms zu 100% nachvollzogen werden konnte, danken wir dem VDI für das (ehrenamtliche!) Engagement, das uns Schülern die Praxis, nach all den Jahren mit Atomen, Elektronen und Quanten, wieder ein bisschen näher gebracht hat und uns zeigte, dass in einem 10x4cm Steckbrett mehr Spannung steckt, als in so mancher Geschichtsstunde.

Yannick Auth für den Physik LK Q4 von Herrn Laudan



Steckschaltungen

VDI Rheingau-Bezirksverein
VDIni-Club
Kapellenstraße 27, 65439 Flörsheim
Tel.: 06145-6869 * Fax: 06145-53602
E-Mail: bv-rheingau@vdi.de
www.vdini-club.de

VDI Rheingau-Bezirksverein
Zukunftspiloten
Kapellenstraße 27, 65439 Flörsheim
Tel.: 06145-6869 * Fax: 06145-53602
E-Mail: bv-rheingau@vdi.de
www.zukunftspiloten.de

Aktivitäten in den Weilbacher Kiesgruben

Volles Programm und Ergänzung der technischen Einrichtung

Im Sommer 2015 wurden von den VDI- und VDI-Zukunftspiloten-Helfern zwei Blockhäuser im Regional-Park „Weilbacher Kiesgruben“ mit aktiver Unterstützung von einigen Schülern bei den Bauarbeiten aufgebaut. In diesen VDI-Häusern sollen Kinder und Jugendliche Gelegenheit haben, technische Experimente durchzuführen. Finanziell unterstützt wurde dieses Projekt von der gemeinnützigen Stiftung Taunussparkasse. (Siehe VDI Rheingau-Regionalmagazin 2/2016).

Diese Häuser werden seit ihrem Aufbau und Fertigstellung der technischen Einrichtungen von Schulklassen, Kindergärten und bei Veranstaltungen gemeinsam mit dem benachbarten Naturschutzhaus genutzt.

Im März 2016 begann die Nutzung mit der Durchführung einer Solarwerkstatt, in der Schüler der Hofheimer Gesamtschule am Rosenberg selbstständig durch Solarstrom angetriebene Propeller bauen mussten. Das weitere Programm sah bis September monatlich eine Experimentierveranstaltung vor, die nacheinander Wassertechnik, Bionik, Astronomie, Solartechnik und Windenergie zum Thema hatte. Nach Angaben des Leiters der Jugendclubs des VDI-Rheingau, Dipl.-Ing. Wolfgang Truss, besuchten jede Veranstaltung ca. 30 Kinder und Jugendliche, die mit großer Freude bei der Sache waren.

Zur Ergänzung und zur Durchführung neuer Experimente wurden im August 2016 ein Windgenerator und eine Sonnenuhr neu aufgestellt.

Der Windgenerator

Das Projekt wurde technisch und kostenseitig exakt vorbereitet. Denn die Kosten mussten im vorgegebenen Rahmen bleiben, die Standfestigkeit des „Hochbaues“ garantiert werden und das Aussehen „standesgemäß“ sein.

Der Generator mit einer Maximalleistung von 500 Watt und das Steuergerät wurden gekauft. Nun hatte man die nötigen Angaben, um den Unterbau auszulegen. Die geforderte Nabenhöhe beträgt 4 m. Es bot sich, an eine Holz-



Für Kinder und Erwachsene eine Attraktion: Ein VDI-Blockhaus und der neue Windgenerator. Typ iSTA Breeze i-500 mit Laderegler, 12 V, 500 Watt. Nabenhöhe 4 Meter, Rotor-Durchmesser 1,03 Meter. Rotorblätter aus GFK (Glasfaser verstärkter Kunststoff).
Bilder: M. Schneider

konstruktion mit vier Pfosten auf vier Pfahlfundamente zu stellen, um eine Basis von 1,5 m x 1,5 m zu erhalten. Die vier Pfosten laufen nach oben zusammen und sind mit einer speziell angefertigten Kopfplatte aus Edelstahl verschraubt. Diese Platte trägt dann den eigentlichen Mast mit dem darauf um eine senkrechte Achse drehbar gelagerten Rotor-Generator. Die Konstrukteure mussten auch darauf achten, dass alle Einzelteile mit PKW transportierbar und ohne Einsatz von Kränen montierbar waren.

Der Generator gibt Drehstrom ab, der im Steuergerät auf 12 Volt Gleichstrom gewandelt wird. Das Steuergerät ist im Blockhaus in einem Schaltkasten untergebracht, der auch die Anzeigergeräte, Schalter, Sicherungen und Anschlussbuchsen trägt. Das ganze Equipment wird durch eine Batterie ergänzt, die für die Speicherung zuständig ist. Der Aufbau der Anlage erfolgte im August 2016 durch das bewährte VDI-VDI-Zukunftspiloten-Helfer-Team.



Ein Präzisionsinstrument: Die 1,4 Meter hohe Sonnenuhr ist in der Lage, die wahre Ortszeit zu messen. Im Hintergrund der Aussichtsturm des Regionalparks mit einer Besucherplattform in 27 Metern Höhe.

Die Sonnenuhr

Ebenfalls im August 2016 wurde eine „Äquatoriale Sonnenuhr“ auf dem Kopf eines Pfahlfundaments fest montiert. Der Standort ist östlich des zweiten Blockhauses (50° 03' 06" Nord; 8° 26' 38" Ost).

Die genaue geographische Lage ist wichtig, denn die Sonnenuhr ist genau auf diesen Standort einjustiert. Diese Sonnenuhr zeigt die „Wahre Ortszeit“ (WOZ) an. Vergleicht man diese Zeit mit der Armbanduhr (MEZ, MESZ), wird man eine große Differenz feststellen. Die WOZ ist die ursprüngliche Zeit der Sonnenuhr und wird auch Sonnenzeit genannt. Diese gibt uns den natürlichen Lauf unseres Tagesgestirns an unserem Längengrad wieder. Es ist 12:00 WOZ, wenn die Sonne ihren täglichen Höchststand genau im Süden erreicht hat. Eine richtig berechnete und genau ausgerichtete Sonnenuhr zeigt die WOZ stets präzise an, ohne Batterien, ohne Aufziehwerk.
Manfred Schneider

Der 7. Experimentiertag: Ein großer Erfolg

Auch der siebte Experimentiertag für Kinder im Alter von 4 bis 12 Jahren, der am 02. September 2016 in der Flörsheimer Stadthalle stattfand, zog erneut über 1000 Kinder aus den Schulen und Kindergärten der Umgebung an, die die Gelegenheit nutzten, an den über 20 Ständen und Experimentiertischen selbst Versuche und Spiele aus Natur und Technik durchzuführen. Veranstalter waren der VDI-Rheingau und der VDI-Club Flörsheim, die in Zusammenarbeit mit der Stadt Flörsheim seit 2010 in ununterbrochener Folge dieses in der Region einmalige Ereignis ausrichten.

Namhafte Hersteller von technischen Lehrmitteln, Institute, Schulen und Hochschulen aus der Nachbarschaft und eine Industriefirma hatten in der Halle Messestände aufgebaut, wo sie für Kinder geeignete Experimente zeigten oder wo die Kinder aufgefordert wurden, selbst etwas zu bauen

oder auszuprobieren. Und die Kleinen (und Größeren) machten reichlich Gebrauch davon!

Gemeinsam wollen die Anbieter und Helfer dazu beitragen, dass Kinder frühzeitig mit der Technik in Kontakt kommen und sich später für einen technischen Beruf entscheiden. Eine Maßnahme, die geeignet ist, um den heute schon spürbaren Fachkräftemangel in technischen Bereichen in Zukunft nicht noch größer werden zu lassen.

Der Landrat des Main-Taunus-Kreises, Michael Cyriax, der Bürgermeister der Stadt Flörsheim, Michael Antenbrink und der Erste Stadtrat, Sven Heß, übernahmen gemeinsam mit Wolfgang Truss, Geschäftsführer des VDI Rheingau die Begrüßung. In ihren Ansprachen freuten sie sich über die große Beteiligung und dankten vor allem den ehrenamtlichen Mitgliedern des VDI für das langjährige Engagement in der Kinder- und Jugendarbeit der Region. huv



Eifer und Freude auf allen Seiten: *Think Dinh Van, Mitglied im Team des VDI-Clubs, freute sich über den Eifer seiner „Gäste“ am Experimentiertisch, der den ganzen Tag über umlagert war.* Bild: .D.Van, VDI

Der Experimentiertag in den Medien

Um die Zielsetzungen und Hintergründe der ungewöhnlichen und bis 2010 in dieser Region unbekanntem Veranstaltung einer breiten Öffentlichkeit bekanntzumachen, werden zu jedem Experimentiertag die Medien des westlichen Rhein-Main-Gebietes eingeladen. Dazu gehören die in Flörsheim und Umgebung erscheinenden, Tageszeitungen, die privaten und öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten, ein privater Fernsehsender und die Hessenschau.

Die Einladungen erfolgen vier Wochen vorher durch eine Kurz-Information, der das Plakat der Veranstaltung beigelegt wird. Eine Woche vor dem Tag wird eine aktuelle

Pressemitteilung versandt, in der die Namen der erwarteten Ehrengäste, einige Hinweise auf die Anbieter, Ansprechpartner beim VDI und die Hintergründe der Veranstaltung erwähnt werden.

In diesem Jahr berichteten wieder die zwei lokalen Zeitungen mit einem typischen Bild über das Ereignis, zusätzlich erstmals die Frankfurter Allgemeine, Ausgabe Rhein-Main. Der Vertreter der Hessenschau (Hessischer Rundfunk) filmte am Vormittag, wo die Zahl der Besucher besonders groß war, mehrere Experimentiertische und eifrig mitmachende Kinder. Leider wurde der Beitrag aus unbekanntem Gründen nicht gesendet. huv

Main-Spitze 3. 9.2016

Flörsheimer Zeitung 7.9. 2016

FAZ Rhein-Main 3.9. 2016



Aus der FH wird die Technische Hochschule Bingen

Aus der Fachhochschule Bingen ist am 1. Juni 2016, die Technische Hochschule Bingen (TH Bingen) geworden. Die Hochschullandschaft hat sich in den vergangenen Jahren, vor allem durch die Bologna-Reform, grundlegend geändert – und mit ihr die FH Bingen. Da war es an der Zeit, einen neuen Namen zu finden, der diesen Entwicklungen Rechnung trägt. Als TH wird nun die Tradition der Ingenieurschule fortgesetzt, die Hermann Hoepke 1897 als Rheinisches Technikum in Bingen gegründet hat.



TH Bingen: In einer Feierstunde am 1. Juni 2016 wurde das neue Logo enthüllt. Bild: TH Bingen

Der neue Name der Hochschule zeigt sich auch im neuen Logo und einem neuen Außenauftritt unter www.th-bingen.de. Präsident Professor Dr. Klaus Becker betont: „Bei uns in Bingen hat Veränderung Tradition. Schon immer war die Hochschule eine sehr dynamische Institution, die sich den wechselnden Bedingungen der vergangenen 120 Jahre angepasst hat. Wir bekennen uns mit der Namensänderung zu unseren Wurzeln und zu unserem technisch-naturwissenschaftlichen Profil. Die praxisnahe Lehre

ist und bleibt dabei unser Auftrag. Denn unsere Expertise in anwendungsbezogener Lehre und Forschung ist in der Region nach wie vor einzigartig.“

Vorausgegangen war der neuen Ära ein intensiver Prozess der Profilschärfung und Weiterentwicklung in Lehre und Forschung. In den vergangenen fünf Jahren wurde das Studienangebot zu Klimaschutz, Energie und Informatik ausgebaut und durch duale Studienformen ergänzt.

Außerdem haben sich in Forschung und Entwicklung weitere Schwerpunkte herausgebildet. Dazu gehören beispielsweise die Themen Elektromobilität, die Biogene Werkstatt, der Essbare Campus oder das Binger Drohnenprojekt. Im Zuge dieses Prozesses wurde zudem kräftig in die Infrastruktur der Labors und in den Service für Studierende investiert. 2020 wird mit dem geplanten Audimax dann auch architektonisch ein Zeichen gesetzt. *PM TH BIN*

VDI-Förderpreisträgerin erneut ausgezeichnet

Sandra Schedler (MSc) erhielt bei der letzten Mitgliederversammlung des Rheingau-Bezirksvereins am 8. März 2016 für ihre Studienleistungen und ihre herausragende Masterarbeit den VDI-Förderpreis.

Jetzt wurde die Absolventin der Hochschule Geisenheim University mit dem Rheingauer-Volksbank-Preis geehrt, der ihr für ihre Bachelor-Arbeit über die „Biologische Wirksamkeit mehrfacher UV-C-Bestrahlungen der Rebe (*Vitis vinifera L.*) zur Verminderung des Schadstoffaufkommens durch pathogene Pilze, insbesondere Botrytis cinerea“ überreicht wurde. *PlanG 2/2016*



Sandra Schedler, MSc

E-Mail-Adressen - Adressenänderungen

Liebe Mitglieder des VDI Rheingau-Bezirksvereins!
Die Geschäftsstelle des Rheingau-Bezirksvereins bemüht sich, die zahlreich eintreffenden Informationen, zum Beispiel Einladungen zu Veranstaltungen und anderes, möglichst schnell an die infrage kommenden Empfänger weiterzuleiten. Als schnellste und für den Verein kostengünstigste Methode hat sich auch beim VDI der E-Mail-Verkehr erwiesen. Dieser kann aber nur reibungslos funktionieren, wenn die E-Mail-Adressen bekannt sind und wenn die Änderungen der E-Mail-Adressen angegeben werden.

Der einfachste Weg zur Adressenänderung geht über die Internetseite des VDI www.vdi.de, dann Menüpunkt „Mein VDI“.

Ersatzweise ist auch der Weg über unsere Geschäftsstelle möglich, am besten per E-Mail. *H.U. Vetter*

bv-rheingau@vdi.de

Geschäftsstelle, Kapellenstraße 27
65439 Flörsheim, Tel.: 06145-6869
Fax: 06145-53602

Impressum

Das VDI RHEINGAU Regional-Magazin erscheint viermal im Jahr, jeweils zu Anfang eines Quartals. Es wird den Mitgliedern kostenlos zugesandt. Außerdem finden Sie es im pdf-Format im Internet unter www.vdi.de/bv-rheingau. Interessenten können das Magazin für 10 € im Jahresabonnement erwerben. Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen nicht in jedem Fall die Meinung der Redaktion oder des Herausgebers dar. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Dateien übernehmen wir keine Gewähr. Hinweis: Die Ausgabe 3/2016 für das 3. Quartal 2016 ist nicht erschienen.

Herausgeber: VDI Rheingau-Bezirksverein e. V., Geschäftsstelle:
Kapellenstraße 27, 65439 Flörsheim Tel. 06145-6869
Vorsitzender: Sven Freitag

Redaktion: Heinz-Ulrich Vetter (*huv*), Kriesweg 10, 55413 Weiler
Telefon: 06721-36979 E-Mail: hu.vetter@online.de

Layout, Text- und Bildbearbeitung: Vereinszeitungen Vetter, Kriesweg 10, 55413 Weiler

Druck / Auflage Druckwerkstätte Leindecker, Bingen / 2800

Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 3. September 2016. Die nächste Ausgabe für das erste Quartal 2017 erscheint Ende Anfang Januar 2017. Redaktionsschluss ist der 3. Dezember 2016.

Der Forschungsreaktor TRIGA Mainz

Von Klaus Eberhardt und Christopher Geppert

Der Forschungsreaktor TRIGA Mainz (FR MZ) im Institut für Kernchemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz ist einer von derzeit drei in Deutschland in Betrieb befindlichen Forschungsreaktoren. Mit dem Einsetzen des 57. Brennelements in den Reaktorkern wurde der Reaktor am 3. August 1965 erstmals kritisch. Bei der Einweihungsfeier im April 1967 erfolgte die offizielle Inbetriebnahme durch den Nobelpreisträger und Entdecker der Kernspaltung Otto Hahn. Seitdem arbeitet der Reaktor bis auf eine kurze Umbauphase im Jahr 1995 störungsfrei. Der FR MZ wird genutzt in der Grundlagenforschung, in den angewandten Wissenschaften, soweit diese von Universitäten betrieben werden, in der Ausbildung der Studenten auf aktuellen Wissenschaftsgebieten, um den langfristigen Kompetenzerhalt durch junge Forscher zu sichern, sowie für weiterführende Kurse für eine breite Öffentlichkeit. In allen diesen Bereichen spielt der TRIGA-Reaktor mit seiner inhärenten Sicherheitsphilosophie als intensive Neutronenquelle und als Trainingsreaktor eine unverzichtbare Rolle.

Der Forschungsreaktor der Universität Mainz ist ein TRIGA-Reaktor Typ Mark II von General Atomic, einem Tochterunternehmen des amerikanischen Großkonzerns General Electric. TRIGA Reaktoren wurden seit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts bis kurz nach der Jahrtausendwende weltweit aufgebaut, und bis heute sind davon noch über 30 Reaktoren im Betrieb.

Aufbau

TRIGA Reaktoren des Typs Mark II sind im Gegensatz zu Mark I Reaktoren überirdisch in einer großen Experimentierhalle errichtet.

Der Reaktor hat eine Höhe von etwa 6,5 m über dem Hallenboden und eine Sockelbreite von ebenfalls 6,5 m. Bild 2 zeigt einen Schnitt durch den Reaktor.

Eine 2,3 m dicke Betonumwandung bildet den sogenannten biologischen Schild um den Reaktortank. Dieser hat einen Durchmesser von 2 m und eine 18 m³ Wasser fassende Außenhülle, bestehend aus einer AlMg₃-Legierung.

Da der Tank zur Oberseite hin offen ist, befindet sich das Wasser im Gegensatz zu Druck- oder Siedewasser-Reaktoren immer unter Normaldruck. Man spricht daher von einem sogenannten „swimming-pool“-Reaktor. Das verwendete Wasser ist vollentsalztes normales Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von kleiner als 1 μS/cm.



Bild 1 Der Startschuss: Nobelpreisträger Otto Hahn am Steuerpult des TRIGA bei der offiziellen Einweihung am 3. April 1967.

Steuerstäbe

Fünf Meter unter der Wasseroberfläche befindet sich im Zentrum des Tanks eine Halterung hauptsächlich für derzeit 76 Brennelemente (siehe Abschnitt *Brennstoff und Moderation*, Seite 14) sowie die Aufnahmen für die Steuerstäbe. Insgesamt verfügt der FR MZ über drei unterschiedliche Steuerstäbe.

Alle Steuerstäbe bestehen aus dünnwandig mit Aluminium ummantelten Borkarbid-Zylindern, die durch einen Antrieb oberhalb des Reaktortanks in den Kern hinein- oder herausgefahren werden können. Bor,

insbesondere das im natürlichen Gemisch zu ca. 20 % enthaltene Isotop ¹⁰B hat einen sehr hohen Einfangsquerschnitt für thermische Neutronen.

Dies bedeutet: Je weiter die Steuerstäbe in den Reaktorkern hineingefahren werden, umso mehr Neutronen werden durch die Steuerstäbe absorbiert und stehen für die Kettenreaktion (siehe Einschub „Kernspaltung und Kettenreaktion“, Seite 13) nicht zur Verfügung.

Den größten Einfluss hat der sogenannte Trimmstab, der zur Grobeinstellung der Reaktorleistung verwendet werden kann. Der einzelne Trimmstab hat eine ausreichende Wertigkeit, das heißt, er absorbiert so viele Neutronen, dass sein komplettes Einbringen in den Reaktor die Kettenreaktion im Kern vollständig unterbricht und einen weiteren Reaktorbetrieb unmöglich macht. Parallel dazu gibt es einen sogenannten Regelstab,

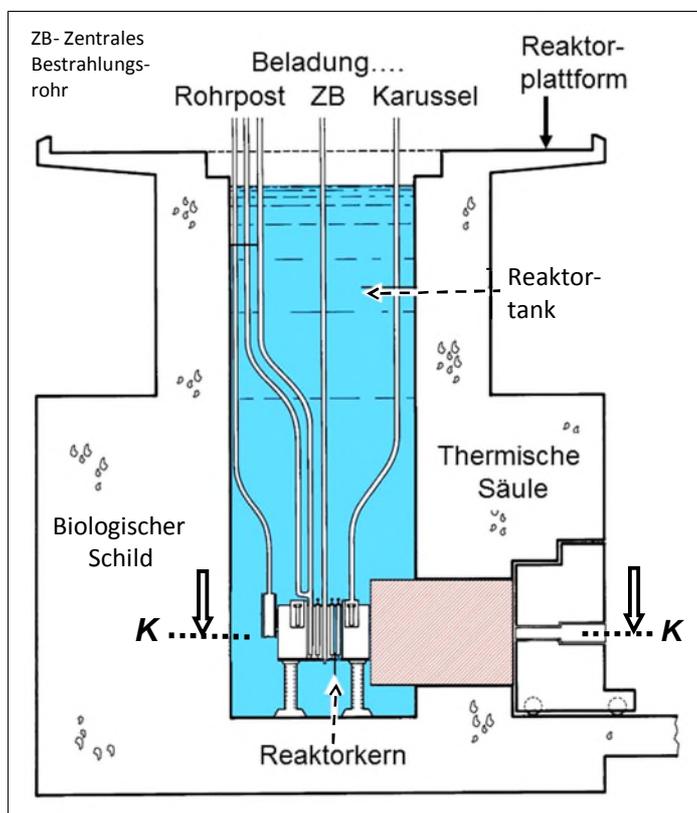


Bild 2: Einfacher Grundaufbau 1: Schnitt durch einen Reaktor vom Typ TRIGA Mark II.

der im Aufbau dem Steuerstab identisch ist, bei gleicher Länge aber einen geringeren Durchmesser aufweist. Der Regelstab dient dazu, kleine Leistungsschwankungen des Reaktors zu kompensieren und die Reaktorleistung auf einer wählbaren thermischen Leistung automatisiert zu stabilisieren.

Angetrieben werden die oben genannten Steuerstäbe durch einen Asynchronmotor, der im Falle des Regelstabes von einer Regelungsautomatik angesteuert werden kann. Die Verbindung zwischen Antrieb und dem Absorber-Material im Reaktorkern geschieht über eine elektromagnetische Kopplung. Der Haltestrom jeweils eines Elektromagneten am unteren Ende des Antriebs hält das obere Ende eines Steuerstabes. Bei Stromausfall oder jeglicher Art von Schnellabschaltung werden diese Elektromagneten stromlos und die Steuerstäbe fallen sofort allein durch die Schwerkraft in den Reaktorkern, wodurch die Kettenreaktion und damit der Reaktorbetrieb abgeschaltet wird.

Zusätzlich ist der Forschungsreaktor Mainz mit einem weiteren optionalen Steuerstab ausgestattet.

Dieser wird nicht über einen Asynchronmotor, sondern über ein Steuerventil, angeschlossen an eine Druckluftleitung mit 5 bar Druck, angetrieben.

Bei geschlossenem Steuerventil liegt dieser sogenannte „Pulsstab“ im Reaktorkern. Wird das Ventil über ein Regelsignal aus der Reaktorwarte geöffnet, so wird der Pulsstab in Sekundenbruchteilen aus dem Kern herausgeschossen.

Auch bei diesem Regelstab gilt auch hier die Sicherheitsphilosophie der beiden anderen Steuerstäbe: Bei Stromausfall oder Notabschaltung des Reaktors wird das Steuerventil der Druckluft-Zufuhr stromlos und schließt, worauf der Pulsstab in den Reaktorkern fällt.

Kreisläufe

Der FR MZ besitzt drei Wasserkreisläufe. Wie in Abschnitt *Brennstoff und Moderation*, Seite 14, erläutert wird, werden in Reaktoren vom Typ TRIGA im Dauerbetrieb keine für Wasserdampf notwendigen Temperaturen erreicht. Üblicherweise liegen die Maximaltemperaturen im Reaktorbecken bei etwa 26°C. Die Kühlung des Wassers im Reaktorbecken wird durch

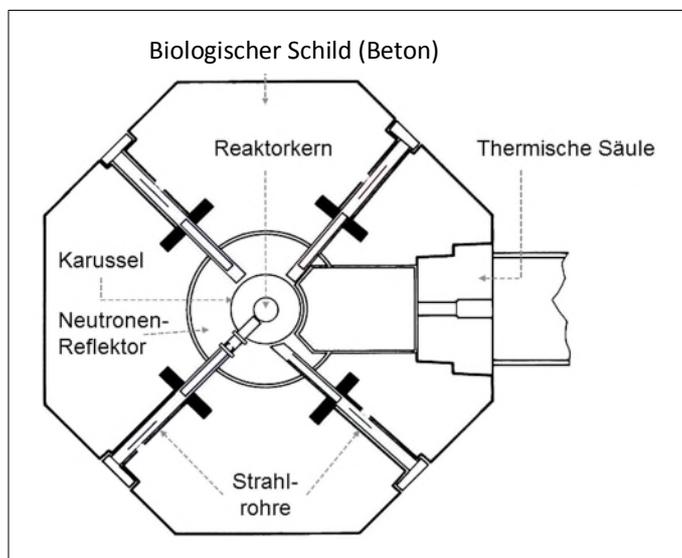


Bild 3 Einfacher Grundaufbau 2: Horizontaler Schnitt durch den Reaktor auf der Höhe des Kerns und der vier Strahlrohre. Schnittebene K-K in Bild 2.

eine Kopplung des offenen Primärkreislaufes über einen Wärmetauscher an einen geschlossenen Sekundärkreislauf gewährleistet. Dieser wiederum führt seine Wärme über einen Kühlturm mit Berieselungskühlung ab. Zudem dient ein dritter offener Wasserkreislauf zur Reinigung des Wassers im Reaktorbecken. Mit einer Flussrate von 4 m³/h wird das Wasser an der Beckenoberfläche abgesaugt und durch Partikelfilter und einen Mischbett-Ionenaustauscher durchgehend gereinigt. Alle Pumpstrecken der drei Kreisläufe sind redundant ausgelegt und werden im wöchentlichen Turnus gewechselt

Bestrahlungseinrichtungen

Zur weiteren elementaren Ausstat-

tung des Reaktors gehören die Bestrahlungseinrichtungen. Kleine Proben können in drei verschiedenen Einrichtungen bestrahlt werden (siehe Bild 2). Den höchsten thermischen Neutronenfluss ($\Phi_{\text{therm}}=4 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) erzielen Bestrahlungen im zentralen Bestrahlungsrohr (ZB). Hierzu werden Proben gesichert an einer Nylon-Schnur in einem Führungsrohr zentrisch in die Halteplatte der Brennelemente abgelassen und nach vorab festgelegter Zeitdauer manuell wieder herausgezogen.

In einem Ring um die Brennelemente herum befindet sich das sogenannte Karussell. Es beinhaltet einen Probenrevolver mit 40 Positionen, in denen Probenkapseln mit einem mittleren Neutronenfluss von $\Phi_{\text{therm}}=0,7 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ständig um den Reaktorkern herum zirkulieren. Die Einbringung und die Entnahme der Proben geschehen manuell durch einen Reaktoroperator. Im Gegensatz dazu erlaubt ein Rohrpostsystem Proben aus verschiedenen Labors mittels Unterdruck in bis zu drei verschiedene Probenpositionen mit einem Neutronenfluss von $\Phi_{\text{therm}}=2 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ einzuschleusen und mittels einer halbautomatischen Zeitsteuerung wieder auszuschießen.

In Ergänzung zu den über die Reaktorplattform zu beladenden Bestrahlungspositionen können auf Höhe des Kerns verschiedenen Teile eines Experimentes in vier sogenannte Strahlrohrpositionen (Bild 3) eingebracht werden und in Reaktorkernnähe positioniert werden. Die Strahlrohreinsätze erlauben es, Experimenteile mit einem Durchmesser von maximal 150 mm einzubauen, die in der Regel in mehrtägigen Strahlzeiten zum Einsatz kommen.

Durch die Strahlrohre können erzeugte radioaktive Nuklide oder Elementarteilchen, beispielsweise Neutronen, kontrolliert durch den biologischen

Kernspaltung und Kettenreaktion

Bei der Spaltung von Uran wird ein sogenanntes thermisches Neutron, d.h. ein Neutron mit einer kinetischen Energie von etwa 20 Millielektronenvolt (meV) in einem Atomkern des Uranisotops ²³⁵U eingefangen, der dann kurzfristig zum Isotop ²³⁶U wird. Dieser Atomkern zerplatzt infolge innerer Anregungsenergie nach etwa 10 Femtosekunden ($f_s=10^{-15} \text{ s}$) in zwei zumeist radioaktive Tochterkerne. Dabei wird Energie in Form von Wärme frei, die in Kernkraftwerken zur Stromerzeugung verwendet wird. Zudem werden bei jeder Spaltung im Mittel zwei bis drei Neutronen mit Energien von bis zu einigen Megaelektronenvolt (MeV) freigesetzt.

Um erneut eine Spaltung des im Reaktorkern vorhandenen ²³⁵U und damit eine Kettenreaktion auszulösen, müssen diese Neutronen zuvor um bis zu acht Größenordnungen auf thermische Energien von einigen meV abgebremst werden. Hierzu werden je nach Bauart des Reaktors verschiedene Moderatoren (schweres Wasser, Graphit etc.) eingesetzt. Um eine unkontrolliert ansteigende Spaltrate und eine damit verbundene exorbitante Energiefreisetzung zu vermeiden, müssen in den Reaktorkern der Kernkraftwerke Steuerstäbe aus Neutronenabsorbieren eingefahren werden, um im zeitlichen Mittel aus jeder Spaltung nur wieder ein freies Neutron für die nächste Spaltungs-generation zur Verfügung zu stellen.

schen Betonschild des Reaktors geführt und weiteren Experimenten in der Reaktorhalle zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund ihrer Ausführung bieten alle vier Strahlrohrpositionen leicht veränderte Neutronenspektren und Neutronenflüsse.

Die thermische Säule (TS) ist ein großer mit Grafit gefüllter Behälter mit Aluminiumhülle. Die Grafitfüllung der TS besteht aus hochreinen („reactor-grade“) dichtgefügt Grafitblöcken mit einem Querschnitt von 200 mm x 200 mm.

Zur äußeren Abschirmung der TS in Richtung der Experimentierhalle ist ein etwa 1 Meter dickes, auf Schienen fahrbares Beton-Strahlenschutztor, vorhanden. In geschlossenem Zustand schließt das Tor bündig mit dem biologischen Schild ab.

In diesem Tor befindet sich zusätzlich ein Stopfen von etwa 150 mm Durchmesser der als Zugang zur TS dient, wenn das ganze Tor nicht verfahren werden soll. Bei geöffnetem Strahlenschutztor lassen sich einzelne Grafitblöcke mit einem Querschnitt von jeweils 100 mm x 100 mm und einer Länge von 127 cm entfernen, um größere Proben wie z.B. Behälter mit Zellkulturen oder Elektronikkomponenten zur Bestrahlung in die TS einzubringen.

Brennstoff und Moderation

Eine herausragende Besonderheit von TRIGA Reaktoren sind die Eigenschaften der Brennelemente (BE). Dabei handelt es sich um Stäbe bestehend aus einer Zirkoniumhydrid (ZrH)-Matrix in einem dünnwandigen Aluminium- bzw. Edelstahlgehäuse. Diese Matrix ist mit nur 8 Gewichtsprozent Uran dotiert. Der Anreicherungsgrad des Anteils ^{235}U ist derart gering, dass man hier von nicht-waffenfähigem Uran spricht (auch „low enriched uranium“ LEU genannt).

Im Gegensatz zu Leistungsreaktoren geschieht die primäre Moderation der Neutronen aus dem Spaltungszyklus in den BE selbst. Der Wasserstoff (H) in der ZrH-Matrix kann im sogenannten Einstein-Modell in guter Näherung als freier Oszillator beschrieben werden. Durch seine im Vergleich zu den Spaltneutronen annähernd gleiche Masse ist er ein idealer Stoßpartner zur Energiedissipation und damit zum Abbremsen der Neutronen.

Wie in Bild 4 illustriert kann in einem kalten Brennelement die Energie des Neutrons auf ein Wasserstoffmolekül übertragen werden. Steigt die Temperatur in den BE und damit im ZrH, so wird der Wasserstoff in der Matrix selbstständig (thermische) Energie aufnehmen. Stößt ein Neutron unter solchen Bedingungen auf ein H-Molekül, so läuft der Energietransfer in die umgekehrte Richtung und die Neutronen werden nicht länger abgebremst. Das bedeutet, mit steigender

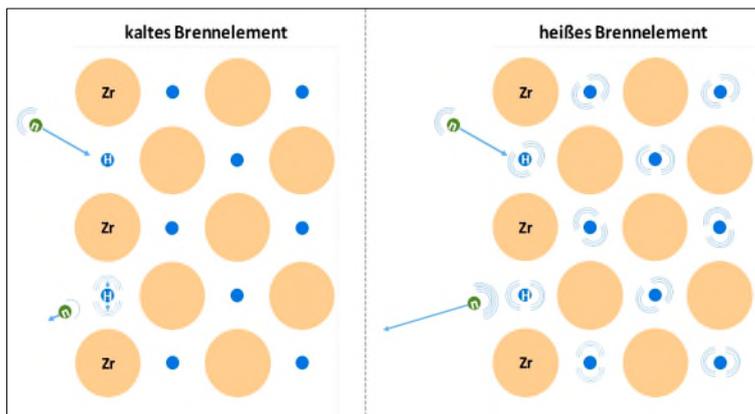


Bild 4 Inhärente Sicherheit: Illustration der Moderationsfähigkeit von ZrH (Zirkoniumhydrid) bei unterschiedlichen Temperaturen des Brennelements. Das Neutron (n) aus der Spaltung findet in den Wasserstoff-Atomen (H) der Moderator-Matrix (ZrH) einen idealen, weil gleichschweren Stoßpartner, um seine kinetische Energie abzugeben. Ist das Brennelement kalt (links), so ist das Wasserstoff-Atom annähernd in Ruhe und nimmt die Energie auf, woraufhin das Neutron abgebremst die Matrix verlässt. Bei hohen Temperaturen im Brennelement (rechts) befindet sich das Wasserstoff-Atom bereits durch die thermische Anregung in einem hohen Vibrationszustand und anstatt das Neutron aus der Spaltung abzubremsen, wird noch Energie an das Neutron übergeben und dieses beschleunigt. Die Moderation von Neutronen kommt somit im Brennelement zum Stillstand und die Kettenreaktion bricht ab.

Temperatur nimmt die Moderation der Neutronen ab, man spricht von einem negativen Moderations-Temperaturkoeffizient. Dieser Sicherheitsmechanismus reagiert binnen Millisekunden und bedarf keinerlei Eingriffen durch mechanische oder elektronische Maßnahmen außerhalb der BE. Er beruht allein auf unveränderlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften und ist damit ausfallsicher gegenüber Fehlbehandlung oder Systemausfällen.

Diese inhärente Sicherheit ist das charakteristische Merkmal der TRIGA Forschungsreaktoren. Nachteilig ist dieser negative Moderations-Temperaturkoeffizient für die Energieerzeugung: Durch das automatische Abschalten der Kettenreaktion bei steigender Betriebstemperatur kann das Wasser im Reaktortank nicht zum Sieden oder zur Dampfbildung erhitzt werden, wodurch keine nachgeschalteten Turbinen etc. zur Energiegewinnung eingesetzt werden können.

Der Kern des Forschungsreaktor TRIGA Mainz ist ein sogenannter „lifetime core“. Das bedeutet, dass bedingt durch seinen geringen Abbrand von

nur etwa 4 g Uran im Jahr im Gegensatz zu anderen Forschungsreaktoren die BE des Reaktorkerns nicht regelmäßig ausgetauscht und entsorgt werden müssen. Eine Entsorgung von Brennelementen aus dem Reaktorkern wird damit nur bei der endgültigen Abschaltung und Rückbau des Forschungsreaktors notwendig.

Sicherheitsaspekte

Infolge des Reaktorunfalls im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi am 11. März 2011 wurden durch die Reaktorsicherheitskommission in Deutschland Stress-tests aller Kernkraftwerke durchgeführt und diese später auch auf alle Forschungsreaktoren ausgedehnt.

In diesem Rahmen wurde in unabhängigen Untersuchungen durch den Betreiber und durch Rechnungen des TÜV Rheinland die Auswirkungen eines Unfalls auf die unmittelbare Umgebung untersucht. Als abdeckender Störfall wird ein Flugzeugabsturz auf den Reaktor angenommen, der eine komplette Zerstörung aller BE im Reaktorkern nach sich ziehen würde.

Dabei wurden verschiedene Szenarien - mit und ohne Treibstoffbrand des Flugzeug-

kerosins bei völlig beschädigter Reaktorinfrastruktur - betrachtet. In keinem der untersuchten Szenarien wurden Grenzwerte erreicht, die gemäß der aktuellen Richtlinien eine Evakuierung oder Umsiedlung außerhalb des durch den Flugzeugabsturz anzunehmenden Sperrkreises von 200 m notwendig machen.

Betriebsarten

Von 1967 bis heute wird der FR MZ an ca. 200 Tagen im Jahr genutzt. Er hat sich in diesem Zeitraum als sehr zuverlässig erwiesen. Stellt man die Betriebstage der Zahl der nicht-geplanten Abschaltungen gegenüber, so ergibt sich für den TRIGA Mainz eine Verfügbarkeit von ca. 95%, d.h. die Zahl der nicht geplanten Abschaltungen ist sehr gering.

Es gibt zwei Betriebsarten des FR MZ. Im sogenannten Dauerbetrieb wird der Reaktor bei konstanten thermischen Leistungen zwischen 100 mW und 100 kW, je nach den Erfordernissen der Nutzer, betrieben. Gemessen an der maximalen Leistung im Dauerbetrieb ist der FR MZ weltweit einer der kleinsten Forschungsreakto-

ren. Der Reaktor wird zu etwa 80% in dieser Betriebsart gefahren.

Außer dem Dauerbetrieb ist aufgrund des negativen Moderations-Temperaturkoeffizient der ZrH-Brennstoffmatrix (vgl. Abschnitt *Brennstoff und Moderation*, Seite 14) auch ein gefahrloser Impulsbetrieb möglich.

Dabei wird bei einer geringen stabilisierten Reaktorleistung der Pulsstab schnell aus dem Reaktorkern ausgeschossen und die Spaltrate der Kettenreaktionen im Kern steigt stark an. Die dabei zunehmende Temperatur in den Brennelementen führt dann zu einer abnehmenden Moderationsfähigkeit der ZrH-Matrix und schließlich zur Unterbrechung der Kettenreaktion in den BE.

Dieser Vorgang führt zu einer pulsförmigen Freisetzung von Neutronen, bei denen in einem Zeitfenster von etwa 30 Millisekunden eine mittlere Spitzenleistung von bis zu 250 MW erreicht wird. Beobachtet werden kann dieser Neutronenpuls durch die begleitende Tscherenkov-Strahlung (siehe Titelbild und die Erläuterungen dazu auf Seite 2 „Tscherenkov-Strahlung in Reaktorkernen“).

In Bild 5 ist die zeitliche Struktur der Tscherenkov-Strahlung verschieden starker Neutronenpulse dargestellt, gemessen mit einer Fotodiode über der Tankwasser-Oberfläche. Während der stärkste Puls (2.00 \$) eine Pulsbreite von 25 ms erreicht, wächst diese für schwächere Pulse (zum Beispiel 1.25 \$) auf über hundert Millisekunden an.

Wissenschaftliche Nutzung

Das Anwendungsgebiet des FR MZ ist sehr breit gefächert. Es beinhaltet neben aktuellen Themen der physikalischen Grundlagenforschung auch Fragen aus dem Arbeitsbereich der angewandten Wissenschaft sowie der Ausbildung und dem langfristigen Kompetenzerhalt.

Grundlagenforschung

Im Verlauf der letzten Jahre wurden die Strahlrohre des FR MZ ausschließlich für die Grundlagenforschung verwendet. Die Qualität dieser am TRIGA in Mainz aufgebauten Versuche spiegelt sich in der Aufnahme der Experimente in den Exzellenzcluster PRISMA¹ an der Johannes Gutenberg-Universität wider.

An zwei der Strahlrohre des Reaktors wurden in den letzten Jahren

vom Institut für Physik der Universität Mainz und der TU München jeweils eine Quelle zur Erzeugung ultrakalter Neutronen (englisch: ultra-cold neutrons UCN) entwickelt und in Betrieb genommen. Diese dienen zur kontinuierlichen oder gepulsten Erzeugung von Neutronenstrahlen mit einer Energie von unter 300 Nanoelektronenvolt (neV), die beim Durchgang durch einen Deuterium-Eiskristall bei -268°C gekühlt werden. Die derart erzeugten UCN werden in nachfolgend aufgebauten Experimenten verwendet, um die Eigenschaften von Neutronen wie etwa deren Lebensdauer oder Ladungsneutralität zu untersuchen.

An einem weiteren Strahlrohr des FR MZ werden mittels hochauflösender Laserspektroskopie und Penningfallen-Massenspektrometrie Präzisionsexperimente zum Aufbau exotischer radioaktiver Isotope betrieben. Diese Experimente, die in Kollaboration mit der TU Darmstadt und dem Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg durchgeführt werden, beschreiben die Form und die Bindungs-

Angewandte Wissenschaften

Das „Arbeitstier“ der Spurenanalytik am FR MZ ist die Neutronenaktivierungs-Analyse² (NAA). Durch die Bestrahlung von Proben in den Bestrahlungseinrichtungen des TRIGA werden aus stabilen Spurenelementen durch Neutroneneinfang radioaktive Isotope. Diese können nach der Bestrahlung im Reaktor anhand ihrer charakteristischen Strahlung unter einem Detektor identifiziert und quantitativ bestimmt werden. Dadurch kann auf die ursprüngliche Zusammensetzung der Probe zurückgeschlossen werden. Nach den ersten spektakulären Analysen von Mondgestein in Deutschland im Jahr 1970 aus der Apollo 11-Mission wird die NAA heute beispielsweise zur Herkunftsanalyse von historischem Gestein oder von Materialproben verwendet.

Auch für landwirtschaftliche Fragestellungen an Bodenproben oder aktuell zuletzt zur Untersuchung und Optimierung von Verfahren zwecks Herstellung von hochreinem Silizium für Solarzellen wird die NAA des FR MZ im Rahmen wissenschaftlicher Kollaborationen eingesetzt.

Ein kürzlich abgeschlossenes Arbeitsgebiet ist die medizinische Anwendung des Reaktors zur Tumorbekämpfung mittels der sogenannten „boron-neutron-capture-therapy (BNCT)“, bei der mit Bor angereichertes Tumorgewebe durch Neutronenbestrahlung zerstört werden soll.

Zudem können die Neutronenflüsse des FR MZ für Materialtests genutzt werden: So kann in Nähe des Reaktorkerns die Empfindlichkeit bzw. Ausfallsicherheit von Detektoren, Platinen oder Halbleiterbauteilen gegenüber radioaktiver

Strahlung untersucht werden. Dies dient zur Simulation von beispielsweise Betriebsbedingungen oder beschleunigten Alterungstests von Bauteilen, die in der Umgebung von intensiven radioaktiven Strahlen in leistungsstarken Beschleunigerzentren platziert werden könnten oder für Baugruppen, die auf Satelliten bzw. in der Raumfahrt zum Einsatz kommen sollen.

Ausbildung

Das Institut für Kernchemie, bei dem der Forschungsreaktor TRIGA angesiedelt ist, hat eine lange ununterbrochene Tradition in der Ausbildung und Lehre. Es bietet zweimal pro Se-

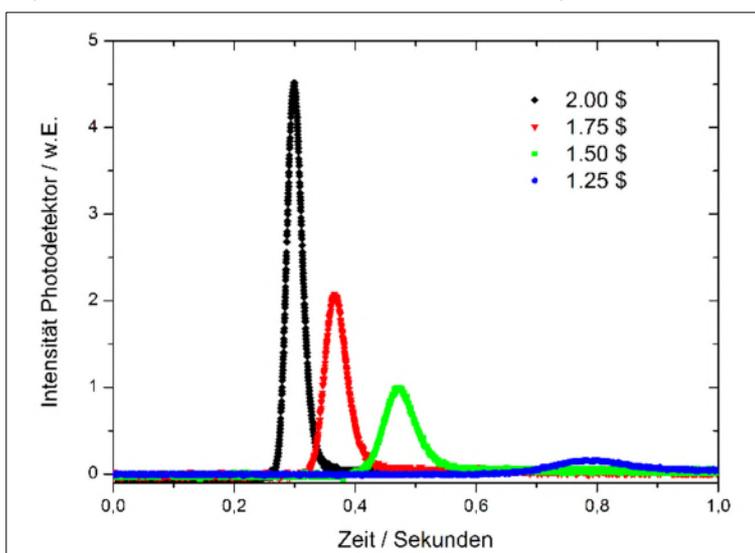


Bild 5 Neutronenpulse: Zeitliche Pulsstruktur der Tscherenkov-Strahlung bei vier unterschiedlichen charakteristischen Pulsstärken. Der Nullpunkt der x-Achse ist der Zeitpunkt des Ausschusses der Pulsstaves. Foto: T. Gerhardt

energie von Atomkernen und liefern damit einen Beitrag zum Verständnis des Aufbaus und der Entstehung der Materie.

Das vierte Strahlrohr wird für die Entwicklung schneller kontinuierlicher Trennverfahren zur Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Transaktiniden-Elemente (mit $Z > 103$) eingesetzt. Diese Elemente werden an Beschleunigern mit so geringen Produktionsraten erzeugt, dass man chemische Umsetzungen mit einzelnen Atomen durchführt. Am TRIGA erzeugte Spaltprodukte können hier als Modellelemente dienen, um hocheffiziente Trennverfahren für Transaktiniden auszuarbeiten

Forschung

mester umfangreiche Praktika in dem Bereich der Kernchemie für Studenten in den Studiengängen Chemie und Physik an, für die der Reaktor zur Erzeugung der benötigten radioaktiven Präparate zur Verfügung steht.

Ein Alleinstellungsmerkmal unter den Universitäten in Deutschland ist der Einsatz FR MZ als Ausbildungsreaktor, bei dem Studenten sowohl den Betrieb des Reaktors als auch die zugrundeliegende Reaktorphysik durch eine Reihe von Prüflisten bzw. Experimenten in einem einwöchigen Praktikum erlernen. In diesem Praktikum „fahren“ die Studenten den Reaktor selbstständig.

Außerhalb des Studienangebots der Universität ist die Teilnahme an einem Reaktorpraktikum am FR MZ

ein notwendiger Bestandteil für die Ausbildung in der Reaktorschule am Paul-Scherrer-Institut³ und damit langfristig zur Zulassung als Operateur in der Schweiz.

Weiterhin bietet das Institut für Kernchemie eine Vielzahl von Kursen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes zur Erlangung der Fachkunde im Strahlenschutz an. So gibt es beispielsweise neben den allgemeinen Grundkursen auch spezialisierte Lehrveranstaltungen für Lehrer an Schulen, ABC-Truppführer der Feuerwehr und andere.

Damit liefert der Forschungsreaktor TRIGA Mainz auch noch 50 Jahre nach seiner offiziellen Inbetriebnahme durch Otto Hahn einen wertvollen Beitrag zu Forschung, wissenschaftlicher

Ausbildung und Kompetenzerhalt am Wissenschaftsstandort Deutschland, auch über die Grenzen der Johannes Gutenberg-Universität hinaus. Seinen im Vergleich zu anderen deutschen Forschungsreaktoren geringeren Neutronenflüssen steht eine inhärente Sicherheit gegenüber, die den Reaktor zu einem idealen, vielseitig einsetzbaren Werkzeug im universitären Betrieb macht.

Autoren:

Dr. Christopher Geppert, Betriebsleiter

Dr. Klaus Eberhardt, stellv. Betriebsleiter

Institut für Kernchemie

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Alle Bilder und Grafiken, soweit nicht anders angegeben: Institut für Kernchemie

www.kernchemie.uni-mainz

www.uni-mainz.de

Glossar, Fußnoten, Besichtigung

Glossar

Bor (B)

Ordnungszahl $Z=5$ und damit ein leichtes Element im Periodensystem. Bor zeichnet sich in der Kerntechnik und in der Nuklearmedizin durch seine Fähigkeit aus, effektiv Neutronen einzufangen (Fachbezeichnung: hoher Neutroneneinfangquerschnitt).

Grafit

Eine der natürlichen mineralischen Erscheinungsformen des chemischen Elements Kohlenstoff ($Z=6$). Es wird in der Kerntechnik mit höchster Reinheit eingesetzt und dient zur Moderation bzw. zur Reflektion von Neutronen aus der Kernspaltung.

Moderation

In der Kerntechnik beschreibt der Begriff Moderation das Abbremsen von schnellen freierwerdenden Neutronen mit unterschiedlichen Hilfsmitteln. Nur die auf eine Geschwindigkeit, die der Raumtemperatur entspricht, „moderierten“ Neutronen, die aus der Spaltung eines Atomkerns stammen, können daraufhin weitere Atomkerne spalten, wodurch eine Kettenreaktion erfolgen kann.

Neutronenfluss

Maß für die Anzahl an einer Stelle pro Zeit und durch eine bestimmte Fläche fliegenden Neutronen. Typische Einheiten für den Neutronenfluss: $1/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$.

Neutronenpuls

Durch den Pulsbetrieb am Forschungsreaktor TRIGA können Neutronen als zeitlich kurzes Paket mit hoher Neutronendichte freigesetzt werden, sogenannte Neutronenpulse. Die in der Kerntechnik verbreitete Maßzahl Dollar (\$) dient als Kennwert für die Reaktivitätssteigerung des Reaktorkerns, die den Puls ausgelöst hat. Sie hat keinen Bezug zu finanziellen Kosten etc., die beispielsweise zur Erzeugung des Pulses notwendig wären.

Transaktiniden

Als Transaktiniden werden alle chemischen Elemente bezeichnet, die schwerer als Actinium sind und folglich eine Ordnungszahl $Z>89$ aufweisen.

Z

Ordnungszahl des jeweiligen chemischen Elements, das die

Anzahl der Protonen im Atomkern angibt und damit die Einordnung in das Periodensystem der chemischen Elemente.

Zirkonium (Zr)

Ordnungszahl $Z=40$, zeichnet sich durch seine hohe Temperaturbeständigkeit aus (Schmelzpunkt 1850°C) und dient in Verbindung mit Wasserstoff (H) als Zirkonhydrid (ZrH) pulverförmig als Hauptbestandteil der Brennstäbe in TRIGA Reaktoren.

Fußnoten

1 Exzellenzcluster PRISMA

Zusammenschluss verschiedener oftmals fachübergreifender Institute an Universitäten zur wissenschaftlichen Erforschung eines Themenkomplexes, gefördert durch die Exzellenzinitiative des Bundes. Für Informationen zum Exzellenzcluster „Präzisionsphysik, Fundamentalkräfte und Struktur der Materie“ an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz siehe auch <http://www.prisma.uni-mainz.de>

2 Neutronenaktivierungs-Analyse

Auf Neutroneneinfang hauptsächlich in Reaktoren basierende Methode zur kernchemischen Elementanalyse. Details siehe auch http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/INAA.html

3 Paul-Scherrer-Institut (PSI)

Das PSI ist das größte Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz mit Sitz in Villigen, Schweiz.

Weitere Informationen siehe <https://www.psi.ch/> ■

Besichtigung

Es besteht die Möglichkeit, den Reaktor zu besichtigen. Als Termin ist

Mittwoch, 22. Februar 2017, 14 Uhr vorgesehen. Der Termin steht unter Vorbehalt, da die betrieblichen Erfordernisse auf so lange Sicht nicht abgesehen werden können. Die Zahl der Teilnehmer ist begrenzt. Die Berücksichtigung erfolgt wie üblich in der Reihenfolge der Anmeldungen.

Anmeldungen mit VDI-Mitgliedsnummer und voller Postanschrift bitte per E-Mail bis zum 04. Januar 2017 an hu.vetter@online.de Später eingehende Teilnahmesuchen können nicht beachtet werden. Alle Interessenten erhalten rechtzeitig Nachricht per E-Mail. *H. U. Vetter*

Simulationstechniken in der Produktentstehung - eine Übersicht

Von Herbert Baaser

Simulationstechniken sind in vielen Bereichen nicht mehr wegzudenkende Hilfsmittel der Ingenieur Tätigkeit. In der Produktentstehung helfen sie zum Beispiel durch die Einsparung von realen Modellen und Versuchen bei der Kostensenkung der Entwicklungsarbeiten und bei der Fertigung und Montage sorgen sie für hohe Qualität der Produkte und kurze Lieferzeiten.

Unser Alltag ist durchdrungen von Smartphones, Tablet-Computer und Rechner-Anwendungen; kaum noch ein Behörden-gang oder ein geschäftlicher Vorgang ohne online-Formular, kaum noch eine Aktivität ohne vorherigen Check auf der Wetter-App, der Bahn-App oder der Stau-App, wie der Tag verlaufen wird, die Börse gerade notiert oder wie Freunde und Bekannte gerade Ihren Urlaub verbringen

Dies ist nur der kleine, wohlwollende Auszug einer Alltäglichkeit im Jahr 2016. Selbst einige Fiktionen aus Orwells „1984“ müten dagegen inzwischen als altbacken an. Unsere Kinder werden als „digital natives“ bezeichnet und können sich ein Leben ohne Internet und digitale Vernetzung nicht vorstellen. Dabei ist diese Zeit noch gar nicht so lange her und die meisten von uns wissen noch, wohin man die Briefmarke auf das Kuvert eines handgeschriebenen Briefs kleben muss.

Im Ingenieurwesen (und inzwischen auch in der Politik) kennen wir spätestens seit der HannoverMesse 2011 den Begriff „Industrie 4.0“, der verdeutlichen soll, dass wir nun seit der industriellen Revolution vor mehr als 150 Jahren auf einer weiteren Entwicklungsstufe angekommen sind: Industrielle Produktionsprozesse sind in sich und untereinander mit Informations- und Kommunikationstechnik („ICT“) vernetzt, siehe auch Wikipedia „Industrie 4.0“.

Diese Beispiele verdeutlichen, wie und wo wir uns als Industrienation inzwischen definieren, dass der „digitale Transformationsprozess“ voll im Gange ist und erst durch die eingangs genannten Alltäglichkeiten allmählich ins gesellschaftliche Bewusstsein rückt.

Hinter dieser Fassade der Anwendungen mit ihren bunten und blinkenden Benutzer-Oberflächen steckt ein Jahrzehnte langer Entwicklungsprozess der Computertechnologie inklusive aller Errungenschaften in der Hardware und Software und der jeweiligen Zulieferindustrie, die weltumfassend agiert und ebenfalls mehrfach verzahnt ist.

Es wird also deutlich, dass erst die grafischen Oberflächen mit ihren zu-

meist intuitiven Bedienmöglichkeiten die Akzeptanz der Rechneranwendungen in allen Bereichen unseres Lebens für weite Teile fast aller gesellschaftlichen Gruppen möglich gemacht hat. Die technischen Möglichkeiten dazu hat es bereits im Hintergrund gegeben. Zuvor war die Anwendung und Bedienung von Rechner-systemen vergleichsweise wenigen Experten mit entsprechendem Fachwissen vorbehalten. Später kommen wir nochmals auf diesen Aspekt in einem ähnlichen Zusammenhang zurück.

Aber nicht nur die Akzeptanz – inzwischen bis hin zu einer Abhängigkeit (!) – ist dadurch erhöht worden, auch das Bewusstsein für die „vielen kleinen Rechner im Hintergrund“ wächst erst allmählich und ist wohl Ausdruck von dem, was wir „digitalen Transformationsprozess“ nennen und im „Internet der Dinge“ alles miteinander interagiert.

wicklungsprozess. Dieses soll an dieser Stelle – manchem bestimmt etwas zu sehr vereinfachend und verkürzend – als „Simulationstechniken in der Produktentstehung“ eingeordnet werden.

Hier sind wir an einem Stadium angelangt, das wir unter dem Dach „Industrie 4.0“ zusammenfassen und das bestimmt in verschiedenen Bereichen unterschiedlich gedeutet wird und ausgeprägt ist. Man kann zumindest feststellen, dass entlang einer beliebigen Prozesskette von der Entwicklung und Konstruktion eines Bauteils, eines Geräts oder einer Maschine bis hin zu ihrer endgültigen Fertigung („Entstehung“), dem Verkauf gegenüber Kunden und teilweise noch das nachrangige Geschäft (Service, Reparatur, „after market“) aus möglicherweise vielen Einzelkomponenten jeder Schritt digital verarbeitet wird. Dies ist ein weit gefasster Begriff, der wiederum viele Ausprägungsstufen beinhalten kann. Mancher denkt jetzt

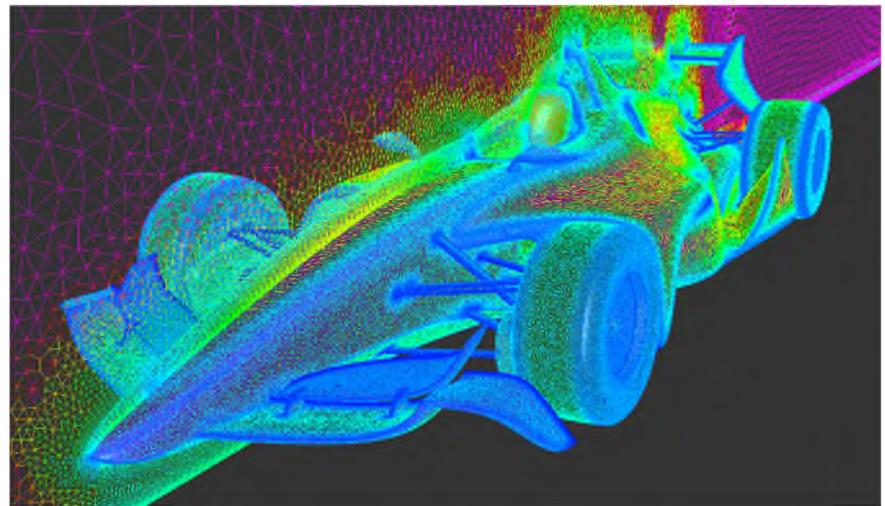


Bild 1 CFD-Computational Fluid Dynamics: Ergebnis aus der Umströmungssimulation eines Formel-1-Rennwagens. Ohne Versuche im Windkanal können somit in einer frühen Phase der Entwicklung Aussagen zum Luftwiderstandsbeiwert (c_w -Wert) gemacht werden. Grafik: www.pointwise.com

Ingenieure und Entwicklungsprozesse

Im Ingenieurwesen kennen wir bereits seit mehreren Jahrzehnten den Einsatz von Rechnersystemen in unterschiedlichsten Ausprägungsstufen, aber auch in einem stetig fortschreitenden geschichtlichen (Weiter-)Ent-

vielleicht an eine reine Datenerfassung von Durchlaufzeiten, andere an das Auslesen von bereits erstellten Bar-Codes an Einzelkomponenten, wieder andere an umfassende Ablaufsimulationen oder Video-Clips von Montagebändern ganzer Automobile. Etwas allgemeiner können wir auch von einer

„begleitenden Simulation“ sprechen, in der – im besten Fall – alle Daten entlang der Prozesskette durchgängig verfügbar sind. Dabei ist mit „Daten“ jegliche Information gemeint: Farbe, Masse, Werkstoff, Herstelldatum, technische Zeichnung, Kunde, Bestell- oder Verfallsdatum, Bestimmungsort und andere.

Wir sprechen nun also vom „Datenmanagement“ mit unterschied-

auch diese Disziplin mehr oder weniger in weitere Teilaspekte unterteilbar. Hier eine Übersicht zu bewahren, ist auch für Experten schwierig.

Wagen wir an dieser Stelle eine Gliederung aus Sicht der „klassischen Anwendung“ von Simulationstools, die – wie oben geschrieben – selbst mehr und mehr verschmelzen, von Ansatz aber unterschiedliche Ziele verfolgen:

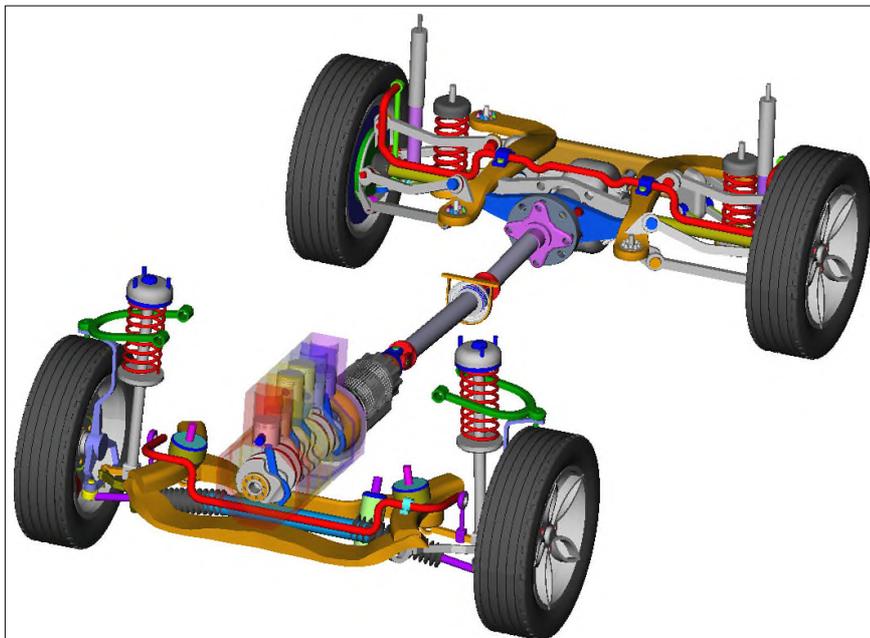


Bild 2 MKS-Mehr-Körper-Simulation eines PKW mit Motor und Antriebsstrang: Fahrmanöver auf einer Schlechtwegstrecke lassen sich bereits in der Vorentwicklung veranschaulichen. *Grafik: www.klatt-dynamics.de*

lichsten Fragestellungen und ständig wachsender Komplexität: „Welche Software kann welche Daten und in welcher Form lesen?“ – „Wann stehen welche Daten in welcher Form zur Verfügung?“ – „Wer und wie kann man Informationen und Daten zurückverfolgen?“ – „Wie wird es möglich, nachträglich Änderungen in den Daten vorzunehmen, wenn beispielsweise an einer Konstruktion was geändert oder durch einen Kunden schlicht eine andere Farbe des Produkts gewünscht wird?“ – „Wann und wie muss ein Datenstand eingefroren werden?“ Für all diese Punkte muss ein Verständnis aufgebaut werden und dies ist in sich wiederum ein dynamischer Prozess.

Berechnungs- und Simulationssysteme

Somit können wir erkennen, dass heutzutage die Werkzeuge im Ingenieurwesen mehr und mehr miteinander verschmelzen oder zumindest sehr weitgehend miteinander interagieren. Während „CAD“ („Computer Aided Design“) in Deutschland in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts populär wurde und dieser vielleicht auch heute noch als Inbegriff von „Entwickeln mit Computerhilfe“ selbst landläufig ein Begriff sein mag, ist

Die Methode der Finiten Elemente („FEM“) ist das Berechnungswerkzeug im Ingenieurwesen, und es ermöglicht die Berechnung von Struktureigenschaften von Festkörpern. Damit ist gemeint, dass es mit diesem Simulationstool möglich ist, Steifigkeiten, Verformungen und Spannungen, aber auch Schwingungsanalysen an Bauteilen bis hin zu deren Versagen zu berechnen.

Über vielzählige Variationen in den betrachteten Strukturen sind damit inzwischen sogar automatisierte Optimierungsverfahren zur Bauteilauslegung anwendbar. Man lässt den Rechner also durch bestimmte Algorithmen „spielen“ und versucht damit eine bessere Auslegung zu erreichen.

Mithilfe von Strömungssimulationen („CFD“ - „Computational Fluid Dynamics“) beschreibt man dagegen das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen in technischen Anwendungen. Die Berechnung des Umströmungsverhaltens von Automobilen oder Flugzeugen zur Reduzierung ihres Luftwiderstands ist dafür ein schönes und anschauliches Beispiel, siehe Abb. 1. Es werden aber auch beispielsweise Füllprozesse von Kunststoffschmelzen oder die Wirkung von Luftfiltern mit dieser Methode analysiert.

Mit der Mehr-Körper-Simulation („MKS“) ist man in der Lage, ganze Bewegungsabläufe und räumliche Abhängigkeiten von Systemen mehrerer Teilkörper untereinander zu beschreiben. Nimmt man diese Körper zunächst als starr an, kann man schon sehr eindrucksvoll ein Verständnis von zum Beispiel der Kinematik im Federbein eines Fahrzeugs oder in Getrieben gewinnen. Auch ganze Bewegungsabläufe in Werkhallen oder die Warenverteilung in Logistikunternehmen werden damit analysiert..

Mathematisch-mechanische Grundlagen

Die Beschreibung physikalischer Vorgänge findet durch die Lösung von Differentialgleichungen („DGL“) statt, die das jeweilige Feldproblem in einer oder mehreren Variablen definieren. Genauso wie wir die Bewegung von Körpern im Raum entlang einer Zeitachse beschreiben, lassen sich beispielsweise auch Spannungs-DGL zur Bestimmung der Beanspruchung eines Bauteils angeben. In der Regel sind diese beschreibenden DGL nur noch für Sonderfälle analytisch lösbar, weshalb man – je nach Quelle – spätestens in den 1940er-Jahren darüber nachgedacht hat, hierfür Computer zu verwenden. Sich gegenseitig bis heute beeinflussend hat damit in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts eine rasante Entwicklung der Umsetzung dieser Ideen stattgefunden.

Das grundlegende Vorgehen solcher Umsetzungen besteht in der Unterteilung und Zerlegung von räumlichen Strukturen und der Zeit (mathematisch „Gebiet“, „Feld“) in kleinere Abschnitte, in denen die gesuchten Feldgrößen („mechanisch

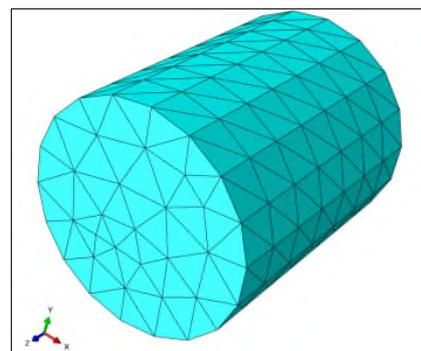


Bild 3 „Diskretisierung:“ Räumliche Zerlegung einer 3D-Struktur (Diskretisierung) in Teilkörper (hier Tetraeder) zur Verwendung im Rahmen der Finite Elemente Methode. *Grafik: Baaser*

Spannung“, „Geschwindigkeit“, „Temperatur“, ...) mit relativ einfachen Funktionen beschrieben und gelöst werden. Diesen Vorgang nennt man „Diskretisierung“, weil damit der Übergang von einem kontinuierlichen Verlauf zu einem diskreten Abbild vorgenommen wird. Ein nahezu triviales

Beispiel dazu ist der schon aus der Antike bekannte Versuch, den Kreisumfang durch eine Summe von möglichst vielen linearen Teilabschnitten anzunähern, siehe Wikipedia „Kreis“.

Durch dieses Vorgehen entstehen somit auf dem betrachteten Gebiet oder der Zeitachse sogenannte „Knoten“punkte zwischen den Teilgebieten („Elemente“), auf denen die Feldfunktionen beschrieben und angenähert werden, siehe dazu in Abb. 3 die „Zerlegung“ eines beliebigen zylindrischen Körpers.

Der „Zusammenbau“ (oder „Assemblierung“) der einzelnen Teillösungen ergibt dann die Gesamtlösung als Näherung für das gestellte Problem

Anbindung an Realität – Anpassen freier Parameter

Berechtigterweise muss man dieser Stelle auch fragen, inwieweit die vorgestellten Simulationsmethoden in der Lage sind, die Realität, die Physik abzubilden! Es sind Modelle, mehr oder weniger vereinfachend, mit Annahmen, die einerseits die Modellierung erst möglich machen, andererseits aber vielleicht wesentlich Aspekte ausblenden – bewusst oder unbewusst, wissentlich oder unwissentlich für den Anwender.

Dieser Aspekt des „Everything should be made as simple as possible, but not simpler“ (*Alles soll so einfach wie möglich gemacht werden, aber nicht einfacher*). Ein Zitat, das Albert Einstein zugeschrieben wird.) ist und muss auch zukünftig jeweils eine entscheidende Fragestellung bleiben und lässt sich nicht völlig ausblenden; ja, „Fehler“ lassen sich durch immer bessere Modelle reduzieren, vermeiden kann man dieser aber nie.

Je nach Modellansatz und Vorgehen enthalten alle Simulationsmethoden mehr oder weniger freie Parameter aus den gewählten (Teil-) Modellen, die zuvor in einem unabhängigen Prozess an die Wirklichkeit angepasst werden müssen: Siehe dazu exemplarisch die Anpassung zweier

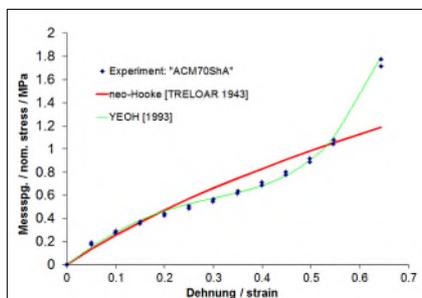


Bild 4 Werkstoffmodelle sind eine besondere Herausforderung: Hier die Anpassung für Elastomere an ein Zugexperiment. Grafik: Baaser 2012

Werkstoffmodelle an experimentelle Befunde in Abb. 4. Dies ist eine besondere Herausforderung, eine eigene

Disziplin und Ingenieurkunst, die nicht unterschätzt und insbesondere bei immer ambitionierteren Modellen keineswegs vernachlässigt werden darf. Auf diese Aspekte gehen wir hier nicht weiter ein.

Allerdings lässt sich feststellen, dass durch Anwendung der Simulationstechniken in allen Bereichen nun eine andere Qualität in mindestens zweierlei Gesichtspunkten vorherrscht: Zum einen werden teure und aufwändige Experimente vermieden oder gar Einblicke in technische Systeme geschaffen, die zuvor nicht möglich waren; zum anderen hat sich die Qualität der experimentellen Untersuchungen verändert, weil man zunehmend von Einzeluntersuchungen wegkommt hin zu einem generalisierten Verständnis

(„Preprocessing“), den (mathematischen) Lösungsteil („Solution“ und „Solver“) und schließlich die Nachbereitung („Postprocessing“). Dabei gibt es inzwischen für jede dieser drei Teildisziplinen eine eigene Softwaregattung und entsprechende Spezialisten unter den Berechnungsingenieuren, die auch jeweils ihre Berechtigung durch ihre Expertise in den Details der Anwendungen haben. Durch eine immer ausgefeiltere Benutzerführung der Programme mit entsprechenden grafischen Oberflächen und zusätzlichen Entwicklungswerkzeugen wird das KnowHow im Verständnis und in der Bedienung zunehmend von den mathematisch-mechanischen Grundlagen hin zur „Datenverarbeitung“ und Interaktion der Teilsysteme verschoben.

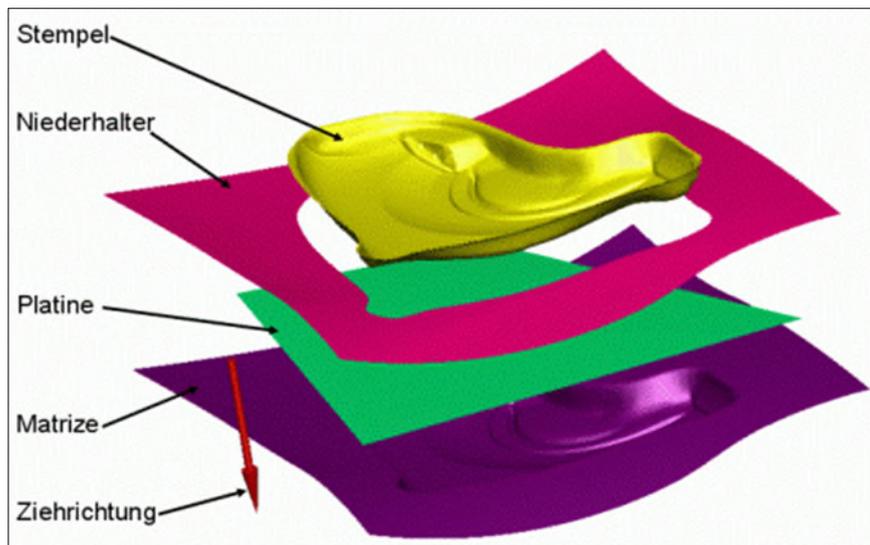


Bild 5 Tiefziehsimulation: Das Bild zeigt die Einzelheiten zur Berechnung der Blechumformung mithilfe der FEM (Finite Elemente Methoden). Damit kann man Aussagen zur Beanspruchung des Bleches beim Tiefziehen treffen. Grafik: www.l.beuth-hochschule.de

der Konstruktionen und der eingesetzten Werkstoffe.

Diese beiden Fakten können als wesentlicher Gewinn der Anwendung von rechnergestützten Methoden angesehen werden, die einem fortwährenden Rechtfertigungsdruck hinsichtlich der entstehenden Kosten ausgesetzt sind.

Anwendung und Funktionsweise

Neben einer grundlegenden Hochschulausbildung und persönlichen Schulungen zur Anwendung dieser Verfahren gehört dazu auch eine ganze Menge an Erfahrung (oder „Intuition“), um schon in der Modellbildung und der Auswahl des Verfahrens selbst die richtigen Wege einzuschlagen. Wie oben beschrieben, verschwimmen die Grenzen der einzelnen Verfahren zunehmend, weshalb wir an dieser Stelle nochmals das „klassische“ Vorgehen darstellen möchten:

Üblicherweise wendet man hier ein dreistufiges Vorgehen an, das unterteilt wird in das Vorbereiten

Wesentlich muss und wird allerdings gerade in der Vorbereitung und der Nachbereitung der Kontakt zum Kunden und Auftraggeber bleiben. Es müssen vor der jeweiligen Analyse die exakte Fragestellung und die Erwartungen mit den Möglichkeiten abgestimmt werden. Hier ist die Angabe von Randbedingungen in Form von Lasten, Temperaturen, Schwingungen unabdingbar. Ebenso wird die Kommunikation des Bearbeiters mit dem Kunden nach der Analyse immer wichtiger, weil hier die Ergebnisse dargestellt, eingeordnet und interpretiert werden müssen, sonst ist die eigentliche Ingenieurkunst im Lösungsteil in vielerlei Hinsicht nicht darstellbar.

Lehre an Hochschulen

Wie oben ausführlich beschrieben und diskutiert, unterliegen in der heutigen Zeit die Simulationsmethoden durch die ständige Weiterentwicklung von Hard- und Software einem andauernden Veränderungsprozess, der auch in der Hochschulausbildung berücksichtigt werden muss. Während

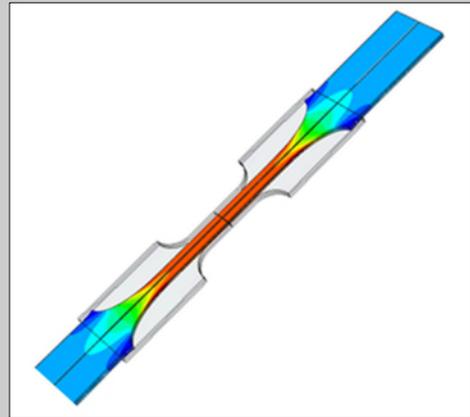
Angewandte Forschung

Beispiel aus der Werkstoffprüfung



Auch die Lebensdauer-Abschätzung durch Experimente (a) und Untersuchungen am Rechner durch Simulation (b) befruchten sich gegenseitig in aktuellen Fragestellungen. So versucht man heute, die Ergebnisse klassischer Wöhler-Versuche zur Ermittlung der Werkstoff-Ermüdung in die Simulation als zusätzliche Information mit einfließen zu lassen, um schon im Entwicklungsprozess vergleichende Aussagen für Bauteile zu erhalten. *Quelle: Baaser und Mehling (Freudenberg 2013)*

(a) Pulsationsmaschine mit Proben Spannungsermittlungen durch Simulation (b)



die etablierte Grundlagenausbildung in Mathematik und Mechanik beispielsweise in moderner Matrix-Vektor-Notation weiterhin unabdingbar zur späteren Modellerstellung und Interpretation der Ergebnisse ist, stellt schon alleine die Bedienung der immer komplexer werdenden Simulationsprogramme mit ihrer Interaktion untereinander mit jedem Software-Update eine neue Herausforderung dar – insbesondere dies vor einer größeren Gruppe von Studenten zu unterrichten.

Dieses Spannungsfeld in der Ausbildung zwischen Grundlagen und der Anwendung der hochspezialisierten

Software-Systeme, von denen man in der Regel nur die hübsche grafische Oberfläche sieht und zunächst nicht weiß, was sich im Detail dahinter und damit hinter jeder „default“-Einstellung verbirgt, verlangt ebenfalls nach neuen und jeweils angepassten Lehrmethoden. Gewiss ist es für die Beteiligten zuerst unverständlich, weshalb man überhaupt noch ein Mindestmaß an (theoretischen) Grundlagen lernen muss, um später dann „selbstfunktionierende“ Programme zu bedienen – welcher Autofahrer weiß denn heute, wie die Software-Steuerung seines Verbrennungsmotor funktioniert?

Forschung

Die oben beschriebenen unterschiedlichen Simulationsmethoden sind weitestgehend etabliert und inzwischen durch große Programmsysteme kommerzialisiert. Die universitäre (Grundlagen-)Forschung findet – ohne vermessen sein zu wollen – nur noch für hochspezielle Anwendungsbereiche statt und hat in den letzten beiden Jahrzehnten eine gewisse Sättigung erreicht.

Dennoch gibt es weiterhin offene Fragestellungen und ungelöste Probleme, die es zukünftig zu behandeln gilt. Auch die Verbesserung existierender Algorithmen zur Erhöhung der numerischen Stabilität und der Effizienz – insbesondere mit Hinblick auf moderne Parallelrechner-Architekturen – ist ein weiterhin bestehendes Thema.

Es besteht allerdings weiterhin großer Handlungsbedarf in der Beschreibung moderner Konstruktionswerkstoffe, dem jeweiligen Werkstoffverständnis mit allen zumeist nicht-linearen und zeitabhängigen Aspekten. Gerade am Beispiel „Leichtbau“ mit immer neuen Werkstoffen und -Kombinationen der aktuellen Entwicklungen in Mehrkomponenten-Technologien, hochfester Metall-Legierungen oder der 3D-Drucktechnik lässt sich zeigen, wie viele Fragestellungen für die mechanische Modellierung noch behandelt werden müssen.

Autor:

Prof. Dr.-Ing. habil. Herbert Baaser lehrt an der Technischen Hochschule Bingen im Fachbereich 2 (Technik, Informatik, Wirtschaft) Technische Mechanik und Finite Elemente Methoden.

H.Baaser@TH-Bingen.de
www.th-bingen.de

8.2.1 Typen finiter Elemente in der Strukturmechanik

Abhängig von der Fragestellung und den damit gewählten Ansatzfunktionen ergeben sich als (einfachste) Typen finiter Elemente im 2D-Fall Dreieck- oder Viereck-Elemente, siehe Abb. 8.3. Für Aufgaben, die axialsymmetrisch

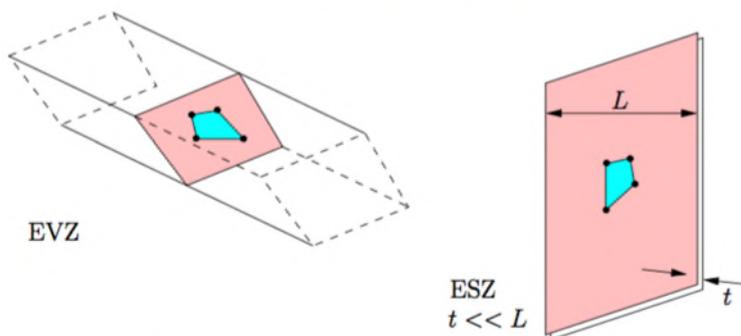


Abbildung 8.3: 2D-Elemente. Idealisiert ebener Verzerrungszustand (EVZ) und ebener Spannungszustand (ESZ)

Bild 6 Finite Elemente: Die Zerlegung von Flächen (2D) oder Volumen (3D) erfolgt mithilfe bestimmter Elemente kleiner, aber endlicher Abmessung, um das „Gebiet“ möglichst genau zu beschreiben. Die mechanischen Eigenschaften werden darin jeweils durch mathematische Zusammenhänge formuliert.

Grafik: Auszug Vorlesungskript Baaser, Darmstadt 2016

VDI-Richtlinien: Ein besonders wichtiger Schwerpunkt in der Arbeit des VDI

Die Schaffung von anerkannten Regeln der Technik ist ein in der Satzung verankertes Ziel des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI). Mit fast 2000 gültigen Richtlinien aus allen Gebieten der Technik ist der VDI nach dem Deutschen Institut für Normung (DIN) der bedeutendste Regelschreiber in Deutschland. VDI-Richtlinien spiegeln den aktuel-

len Stand der Technik wider und stellen seit über 130 Jahren richtungsweisende Grundlagen für die industrielle Praxis, Wissenschaft und Gesetzgebung dar. Sie sichern die Qualität von Produkten und Prozessen, schaffen Vertrauen, vermeiden Doppelarbeit und tragen somit wesentlich zur Wertschöpfung der Wirtschaft bei. *huv*

Veranstaltungen

Veranstaltungen von Oktober bis Dezember 2016

Auskunft: VDI Rheingau-Bezirksverein, Kapellenstraße 27
65439 Flörsheim, Tel.: 06145-6869, E-Mail: bv-rheingau@vdi.de

Mittwoch, 05. Oktober 15 Uhr

Senior-Ingenieure: Hanss Nicol Werner
**Ingenieurtreffen des Arbeitskreises
traditionell zur Weinlesezeit**

Bitte anmelden bei Arbeitskreis
Senior Ingenieure H.N. Werner,
Tel. 06134-757500, Fax 06134-/757501
E-Mail: Nicol_Werner@t-online.de

**Restaurant „Proviantmagazin“ Mainz
Schillerstraße 11A, 55116 Mainz**

Mittwoch, 19. Okt. und 02. Nov. 15 Uhr

Senior-Ingenieure: Hanss Nicol Werner
**Ingenieurtreffen des Arbeitskreises
Restaurant „Proviantmagazin“ Mainz
Schillerstraße 11A, 55116 Mainz**

Mittwoch, 02. November 19 Uhr

Arbeitskreis Internet-Sicherheit: Dieter Carbon
**Vortrag: Markus Morgenroth, IT-Berater,
Buchautor, Speaker**

**„Sie kennen Dich! Sie haben Dich! Sie
steuern Dich! Die wahre Macht der Daten-
sammler“.**

**Johannes Gutenberg-Universität
55128 Mainz, Jakob-Welder-Weg 18
Raum P208 im Philosophicum**

Donnerstag, 10. November 19 Uhr

Arbeitskreis Kommunikation: Heinrich Witting,
Jürgen Tiekötter

**Prof. Dr. Heinrich Witting, Hochschule der
Medien, Stuttgart**

**Mensch 4.0 - Herausforderung Führung im
Internet der Dinge und Dienste**

Mit dem Thema Führung haben sich eine Vielzahl von
Autoren im Laufe der Zeit beschäftigt und immer wieder
in der Grundaussage vergleichbare Ansätze diskutiert.
Das zur Zeit die Wirtschaft beschäftigende Thema
"Industrie 4.0, Internet der Dienste und Dinge" wirft nicht
nur aus technischer Sicht spannende Fragestellungen
auf. Die Anforderungen an Menschen in einem sich wan-
delnden technischen Umfeld sowie der Umgang aus
führungstechnischer Sicht werden in diesem Vortrag
untersucht. Ebenso wird der Frage nachgegangen, wel-
che Auswirkungen technische Veränderungen auf den
Bedarf an Arbeitskräften haben.

**Ort: QFE - Quality First Engineering
Weißliliengasse 3, 55116 Mainz**

VDI Rheingau-Bezirksverein e.V.

Vorsitzender:

Dipl.-Ing. (FH) Sven Freitag

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Truss

Mittwoch, 16. November 13 Uhr

Senior-Ingenieure: Hanss Nicol Werner
**Ingenieurtreffen des Arbeitskreises
traditionell zur St. Martinszeit**

Bitte anmelden bei Arbeitskreis
Senior Ingenieure H.N. Werner,
Tel. 06134-757500, Fax 06134-/757501
E-Mail: Nicol_Werner@t-online.de

**Restaurant „Proviantmagazin“ Mainz
Schillerstraße 11A, 55116 Mainz**

Mittwoch, 30. November 15 Uhr

Senior-Ingenieure: Hanss Nicol Werner
**Ingenieurtreffen des Arbeitskreises
Restaurant „Proviantmagazin“ Mainz
Schillerstraße 11A, 55116 Mainz**

Mittwoch, 07. Dezember 19 Uhr

Arbeitskreis Internet-Sicherheit: Dieter Carbon
**Vortrag: Herrmann Sauer, Geschäftsführer
Comidio GmbH, Eltville**

**„Wie werden unsere Internetaktivitäten
von kommerziellen Firmen mitbeobach-
tet?“.**

**Johannes Gutenberg-Universität
55128 Mainz, Jakob-Welder-Weg 12
Raum 01-731 im Georg-Forster-Gebäude**

Mittwoch, 14. Dezember 15 Uhr

Senior-Ingenieure: Hanss Nicol Werner
**Ingenieurtreffen des Arbeitskreises
traditionell zur Vorweihnachtszeit
Restaurant „Proviantmagazin“ Mainz
Schillerstraße 11A, 55116 Mainz**

Vorschau

Vorstand des VDI Rheingau-Bezirksvereins
Dienstag, 07. März 2017 um 18 Uhr

**Mitgliederversammlung des VDI Rheingau-
Bezirksvereins**

**Stadthalle in Flörsheim, Kapellenstraße 1
65439 Flörsheim**

Gäste sind zu den Veranstaltungen herzlich will-
kommen. Der Eintritt ist frei, soweit nicht anders
vermerkt. Sehen Sie bitte auch im Internet nach, ob
es Änderungen oder Ergänzungen gibt.

vdi.de/bv-rheingau, Tel.: 06145-6869

Geschäftsstelle:

Kapellenstraße 27

65439 Flörsheim

Tel.: 06145-6869 * Fax: 06145-53602

E-Mail: bv-rheingau@vdi.de

www.vdi.de/bv-rheingau

PVST Deutsche Post AG Entgelt bezahlt D 42856

VDI Rheingau-Regional-Magazin
VDI Rheingau-Bezirksverein
Kapellenstraße 27
65439 Flörsheim

Technische Hochschule Bingen

Studieren mit Aussicht

Bachelor

- > Agrarwirtschaft
- > Angewandte Bioinformatik
- > Biotechnik
- > Elektrotechnik
- > Energie- und Prozesstechnik
- > Informatik
- > Klimaschutz und Klimaanpassung
- > Maschinenbau
- > Maschinenbau-Produktionstechnik

- > Mobile Computing
- > Physikalische Technik
- > Prozesstechnik
- > Regenerative Energiewirtschaft
- > Umweltschutz
- > Versorgungstechnik
- > Weinbau und Önologie
- > Wirtschaftsingenieurwesen

Master

- Elektrotechnik
- Energie-Betriebsmanagement
- Energie- und Gebäudemanagement
- Informationssysteme
- Landwirtschaft und Umwelt
- Mechatronik- und Automobilsysteme
- Prozesstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen

Hochschulinformationstag
29. April 2017 | 10-14 Uhr

Technische Hochschule **Bingen**
Berlinstr. 109 | 55411 Bingen am Rhein | www.th-bingen.de

TH BINGEN
University of Applied Sciences