

SPEZIAL

KULTUR & TECHNIK

**Die neuen
Ausstellungen**



ALLES



WAS MIR GEFÄLLT

Lauter Lieblingsstücke – und welches ist Ihres? Jetzt mitmachen und Faszination teilen



Wussten Sie, dass die Sammlung des Deutschen Museums weit mehr als 100.000 Objekte umfasst? Davon sind rund 25.000 Exponate derzeit in den Ausstellungen zu sehen: von der riesigen Transall bis zum winzigen Mikrochip, vom allerersten Benzinauto bis zum modernen OP-Tisch.

Wir laden Sie herzlich ein, uns und allen BesucherInnen aus dieser überwältigenden Vielfalt Ihr ganz persönliches Lieblingsexponat zu zeigen. Ob auf der Museumsinsel, im Verkehrszentrum oder der Flugwerft Schleißheim – es gibt bestimmt ein Ausstellungsstück, das Sie in unseren Museen ganz besonders fasziniert. Für unsere neue Mitgliederwerbung suchen wir echte Mitglieder, die ihre Faszination für Naturwissenschaft und Technik gerne mit anderen teilen – auf unserer Homepage, auf den Infoscreens in den jeweiligen Häusern und im neuen Mitglieder-Flyer.

Und so funktioniert's: Schicken Sie uns einfach ein Bild von sich und nennen Sie Ihr Lieblingsexponat oder Ihre Lieblingsausstellung. Unter allen Einsendungen wählt eine Jury die Mitglieder für die künftige Kommunikation aus. Im kommenden Frühjahr werden dann bei einem Foto-Shooting in den Ausstellungen professionelle Aufnahmen dafür gemacht, Termine in Absprache mit Ihnen.

Sollten Sie einen weiteren Anfahrtsweg haben, können wir bei Bedarf eine kostenfreie Übernachtungsmöglichkeit im Kerschensteiner Kolleg anbieten. Als kleines Dankeschön erhalten unsere Mitglieder-Models eine der begehrten Spezialführungen. Vielleicht sind schon bald Sie eines der Gesichter für die Mitgliederwerbung? Machen Sie mit! Wir freuen uns Sie zu sehen!

Per E-Mail an mitgliederinfo@deutsches-museum.de
oder per Post an Deutsches Museum, Mitgliederservice, Museumsinsel 1, 80538 München.
(Ein Anspruch auf Veröffentlichung besteht nicht. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.)

Deutsches Museum 



DIE NEUEN AUSSTELLUNGEN: EIN RUNDGANG

6 Ebene -1
Kinderreich | Ralf Spicker..... 6

10 Ebene 0
Foucault'sches Pendel | Daniela Schneevoigt 10
Modellbahn | Lukas Breitwieser 12
Energie – Motoren | Thomas Röber 14
Robotik | Ludwig Bauer 16
Brücken und Wasserbau | Moritz Heber 18
Moderne Luftfahrt | Robert Kluge..... 20

20 Ebene 1
Historische Luftfahrt | Andreas Hempfer..... 22
Musikinstrumente | Silke Berdux..... 24
Klassische Optik | Johannes-Geert Hagmann 26
Atomphysik | Christian Sicka..... 28
Chemie | Susanne Rehn-Taube 30

36 Ebene 2
Foto und Film | Sonja Neumann 32
Elektronik | Luise Allendorf-Hoefer 34
Bild Schrift Codes | Carola Dahlke, Sonja Neumann..... 36
Mathematik | Katja Rasch..... 38
Raumfahrt | Matthias Knopp 40

42 Ebene 3
Gesundheit | Florian Breitsameter..... 42
Landwirtschaft und Ernährung | Sabine Gerber-Hirt..... 45

48 Internes

50 Vorschau, Impressum



**Liebe Leserin,
 Lieber Leser**

diesmal laden unsere Kuratorinnen und Kuratoren Sie zu einem kurzweiligen Rundgang durch das neue Deutsche Museum ein. Wir beginnen ganz unten – im Kinderreich.

Anschließend geht es hinauf bis in den dritten Stock zu Landwirtschaft und Gesundheit. Zu jeder Ausstellung gibt es einen kleinen Überblick, im Fokus aber stehen zwei bis drei neue oder neu inszenierte Objekte, die die Autorinnen und Autoren für Sie ausgesucht und erläutert haben.

Mit dieser etwas anderen Ausgabe unseres Museumsmagazins wollen wir Ihnen Lust auf einen Besuch machen – wenn Sie nicht ohnehin längst da waren. Dann könnten Sie das Magazin auch an Bekannte und Freunde weitergeben, und auf diese Weise nebenbei ein wenig Werbung für unser Haus und eine Mitgliedschaft machen. Es gibt derart viel zu entdecken im neuen Deutschen Museum – ein einzelner Besuch ist da viel zu kurz. Und rund um die Ausstellungen gibt es für Mitglieder ja auch noch eine Reihe zusätzlicher Veranstaltungen und Services.

Möglicherweise sind Sie persönlich demnächst sogar bei unserer neuen Mitgliederkampagne dabei? In der Anzeige auf der linken Seite finden Sie Details der Ausschreibung.

Ich freue mich auf Ihren Besuch
 und grüße Sie ganz herzlich, Ihr



Alle wichtigen Infos
zum Besuch:



Herzlich willkommen!

Modern, großzügig und voller Überraschungen präsentieren sich die neuen Ausstellungen des Deutschen Museums. Von Sabrina Landes

Freundlich, ja geradezu herzlich werden die Besucherinnen und Besucher von den Damen und Herren im Eingangsbereich des »neuen« Deutschen Museum empfangen. Größere Taschen können und sollen »bitte« in der großzügigen Garderobe im ersten Stock abgegeben werden. Kostenfrei übrigens. Entweder in einem der zahlreichen schwarzen Kästchen oder ganz unkompliziert an der Garderobe.

Von hier aus geht's dann auch gleich in die Ausstellungen. Erst einmal die Treppen wieder hinunter. Kind(er) mit dabei? Dann ab ins Kinderreich! Hier tauchen Sie gemeinsam mit dem Nachwuchs in einen Farbrausch aus Rosa- und Gelbtönen ein, das allein macht schon fröhlich, und dann gibt es hier so viel auszuprobieren und zu entdecken: Kugelbahnen, Musikinstrumente, Bereiche zum Bauen und Puzzeln, geheimnisvolle Höhlen. Noch ist nicht alles fertig – aber Sie können ja wiederkommen.

Von unten nach oben und wieder zurück

Aus dem Kinderreich geht es die Treppe hinauf in die neue Luftfahrthalle. Hier stehen sie endlich wieder, die riesigen Flugmaschinen, die die Älteren unter uns schon seit Kindertagen kennen. Bekanntes aber – und das gilt für alle Ausstellungen – auch Neues: Erklärmodelle, Experimente, Mitmachstationen, neue Objekte. Jede der 19 Ausstellungen hat ihren ganz eigenen Charakter – je nach Themenstellung. Weitläufige Räume, wie die Luftfahrt oder die Gesundheit wechseln ab mit Bereichen, die aus zahlreichen kleinen Objekten bestehen: Foto und Film zum Beispiel oder die Robotik.

Manche Präsentationen überzeugen schon allein durch die Ästhetik und Anordnung der gezeigten Objekte als kunstvolle Inszenierungen. Die regelmäßigen BesucherInnen unter Ihnen werden viele über die Jahre lieb gewonnene Artefakte, wie die Tante Ju, die Enigma oder den Kernspaltungstisch in neuem Umfeld und neu interpretiert wiederfinden. Ergänzend gibt es in jeder Ausstellung neue didaktische Einheiten, um Phänomene oder Funktionsweisen zu erklären oder durch Ausprobieren besser verstehen zu können.

Und auch das ist wichtig: In jedem Stockwerk findet man Toiletten und in den Übergangsbereichen genügend Platz zum Hinsetzen und Ausruhen. Eine Kaffeebar in der Luftfahrthalle liefert unterwegs die nötige Portion Koffein gegen drohende Erschöpfung. Einen Imbiss oder auch eine richtige Mahlzeit gibt es dann in der »Frau im Mond«, im zweiten Stock. Da kann es mittags zwar etwas eng werden, dafür sind die kleinen Gerichte, Gebäck oder Sandwiches mit Liebe zubereitet. Besonders schön sitzt man auf der Terrasse – die für Kälteresistente auch im Winter offen steht.

Etwa vier Stunden reichen für einen ersten Eindruck vom neuen Haus – ein paar etwas längere Aufenthalte an besonders interessierenden Stationen mit eingerechnet. Einige Wege von Ausstellung zu Ausstellung erschließen sich möglicherweise nicht auf Anhieb – aber da hilft die neue Museums-App zuverlässig aus der Bredouille: Die sollten Sie, wenn Sie Ihr Smartphone ohnehin dabei haben, unbedingt vorab herunterladen. Nach der Überarbeitung und dank der im ganzen Gebäude zuverlässigen WLAN-Verbindung ist die App eine äußerst nützliche Begleiterin: Standortbestimmung und Routenführung funktionieren ebenso einwandfrei wie das Abrufen von Informationen zu einzelnen Objekten und Highlights der Ausstellungen.

Und noch ein letzter Tipp: Nutzen Sie für Ihre Anreise besser die öffentlichen Verkehrsmittel. Bauarbeiten in der Innenstadt und die ohnehin raren Parkplätze machen die automobilen Anfahrt eher zu einem Ärgernis. Beschreibungen, wie Sie am besten zu den neuen Ausstellungen des Deutschen Museums kommen, erhalten Sie auf der Museumswebsite. Hier gibt es auch Informationen zu aktuellen Veranstaltungen, Führungen und andere nützliche Services (siehe QR-Code im Bild links). Lassen Sie sich von den folgenden Seiten für Ihren nächsten Besuch im Deutschen Museum begeistern!

Die App des Deutschen Museums

Die App des Deutschen Museums bietet viele Inhalte zu den neuen Ausstellungen (hier Robotik) in Bild und Ton. Sie funktioniert als Audioguide genauso wie für die Navigation im Haus und ist auch ein Eckpfeiler der neuen Barrierefreiheit.



Kinderreich

Lage: Ebene -1

Ausstellungsfläche: ca. 1000 m²

Objekte: 2

Demos und Interaktiva: 16

Medienstationen: 2

Diorama: 1

Bereiche: Stark und Schnell, Hell und Dunkel, Gerade und Schief, Ich und Du, Laut und Leise, Nass und Windig

Das Kinderreich ist eine Mitmach-Ausstellung für Kinder im Alter von vier bis acht Jahren in Begleitung Erwachsener. Demonstrationen und Interaktiva aus der Welt der Technik und Naturwissenschaften und natürlich das Feuerwehrauto bieten Raum zum spielerischen Forschen und Experimentieren.

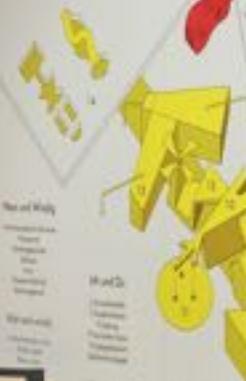
Die Museumseule Milla begleitet dich auf dem Weg durch das Kinderreich.

Los geht's!

Es geht mit der Kinderwelt
Die sind immer Themen

Off we go!

Let's discover the fun! Experiment together!
We will explore the following areas:



Was und Wo?

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Ich und Du

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Was und Wie?

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Gerade und Schief

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Stark und Schnell

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Hell und Dunkel

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Laut und Leise

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Nass und Windig

Was ist das?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?
Wann wird es genutzt?
Woher kommt es?
Wofür wird es genutzt?

Kinderreich Kids' Kingdom

Willkommen in meiner Welt

Ich bin die Eule Milla und lebe im Deutschen Museum.
Hast du Lust, mit mir meine Welt zu erforschen?
Viel Spaß dabei!

Wenn du Fragen hast,
gehe einfach zur Info-Theke.

Welcome to my World

I am Milla the Owl and I live in the Deutsches Museum.
Would you like to explore my world with me?
Have fun!

The information desk will be happy to
answer any questions you may have.

Hinweis:

Für Kinder zwischen 3 und 8 Jahren
in Begleitung Erwachsener.
Erwachsene ohne Kinder müssen leider draußen bleiben!

Please note:

All children between 3 and 8 years old are welcome
when accompanied by an adult.
(Adults without children are not permitted).



Die Eule Milla
begrüßt alle im
neu-überarbeiteten
Kinderreich.





Die Kugelbahnen – Auf und Ab mit Klang oder über Weichen

Die Kugelbahn im Kinderreich besteht aus drei Teilen: Zunächst muss die Kugel mit drei verschiedenen Aufzügen unter die Decke transportiert werden, damit sie genug Fallhöhe hat. Die Wahl des Aufzugs entscheidet, welchen Weg die Kugel dann nimmt: zur Wand in eine fix montierte Bahn oder zum Fenster in ein variables Kugelbahnsystem. In beiden Teilen lassen sich physikalische Zusammenhänge spielerisch beobachten. In der Wandkugelbahn entscheidet der Zufall, ob die Kugel eine Runde mit dem Riesenrad fährt oder unterschiedliche Klänge erzeugt. Mit weiteren Aufzügen, gewinnt die Kugel wieder an Höhe, um ihren rasanten Weg über Schienen und Weiche fortzusetzen.

Es gibt aber auch ein variables Spiel, mit dem du eine Kugelbahn nach eigenen Ideen bauen kannst. Unterschiedliche Materialien liegen bereit, um die Kugel rasant abwärtsfahren oder gemächlich wie eine Schnecke rollen zu lassen. – Bewegung ist alles! An der Information im Kinderreich kannst du gegen Pfand eine passende Kugel ausleihen. Dann kann es losgehen!

Glockenspiele und Riesensxylophon – Wie klingen unterschiedliche Metalle, Holz und Pappe?

Xylophone bestehen aus einer Reihe von Klangstäben aus Holz. Die unterschiedliche Länge legt die Tonhöhe fest. Die Klangstäbe werden mit einem Schlägel angeschlagen, beginnen zu schwingen und erzeugen den Ton.

Röhrenglocken sind meist aus dem Metall Messing hergestellt. Mehrere kürzere und längere Röhren ergeben ein Instrument, das wie andere Instrumente gespielt werden kann. Auch Röhren oder runde Stäbe aus anderen Materialien klingen, wenn sie angeschlagen werden – je nach Material immer wieder anders. Wie klingen das Bambusrohr oder das Papprohr? Probier' es aus! Auf dem Riesensxylophon und dem Röhrenglockenspiel kannst du auch eine richtige Melodie spielen.



Das Himmelszelt – Ein Planetarium im Kleinen

Sehr lange schon beobachten die Menschen den Sternenhimmel. In auffälligen Gruppen von Sterne sahen die Menschen bestimmte Dinge und gaben ihnen Namen. Wir nennen die Gruppen Sternbilder. Sie sind nach Personen, Tieren oder Gegenständen benannt. Sterne wie der Polarstern und Sternbilder nutzen wir Menschen schon sehr lange, um mit ihrer Hilfe unsere Weg über Land und Meere zu finden.

Der Museumsgründer Oskar von Miller wünschte sich von Anfang an eine realistische Darstellung der Planetenbahnen und des Sternenhimmels für das Museum. 1923 verwirklichte Zeiss das erste Planetarium, welches Sternbilder in eine halbkugelförmige Kuppel projizierte. Im damals neuen Bau auf der Museumsinsel stellte Zeiss dieses erste Projektions-Planetarium vor. Diese ersten Ideen für die Projektion des Sternenhimmels haben uns zu unserem Himmelszelt inspiriert.

Auf einfache Weise zeigt das Himmelszelt den Sternenhimmel in einer Winternacht über München. Das Himmelszelt funktioniert bei Tag wie bei Nacht!

Mit Suchkarten kannst du auf die Suche nach dem kleinen Wagen, dem großen Bären oder Kassiopeia gehen!

Eintritt nur für Kinder:
Um den Sternenhimmel zu sehen, musst du erst ins Innere der gelben Röhre krabbeln.

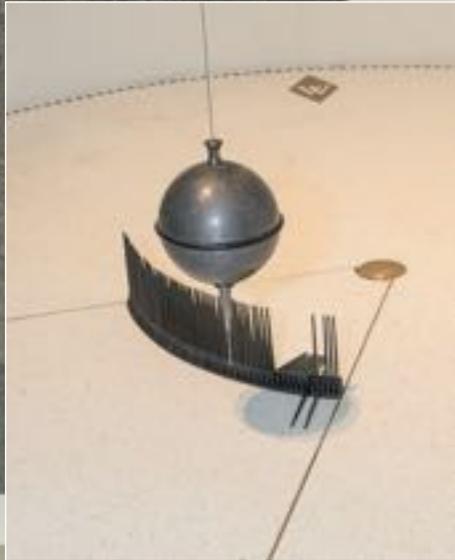


Und so sieht es im Inneren des Himmelszelts aus. Mit speziellen Karten kannst du im Kinderreich auf die Suche nach Sternbildern gehen.

Entdeckst du den großen und den kleinen Wagen auf diesem Bild?

das Kinderreich





Die Drehung der Erde können Sie hier sehen und hören!

Foucault'sches Pendel

Lage: Ebene 0

Ausstellungsfläche: 40 m²

Objekte: 2

Demos und Interaktiva: 1

Mit seinem berühmten Pendelversuch im Pariser Panthéon konnte der französische Physiker Léon Foucault 1851 die Rotation der Erde erstmals auf überraschend einfache Weise sichtbar machen. Seine Vorführungen lösten im 19. Jahrhundert eine große Begeisterung aus und so wurde die Demonstration in vielen öffentlichen Gebäuden auf der ganzen Welt wiederholt.

Auch im Turm des Deutschen Museums befindet sich schon seit 1925 ein Foucault'sches Pendel, das mittlerweile ein echter Klassiker des Hauses ist.

Dieser Klassiker erstrahlt nach dem Umbau nun in ganz neuem Glanz – auch wenn sich an dem grundsätzlichen Aufbau der Ausstellung nicht viel verändert hat.



Klangerlebnis und Taststation

Beim »neuen« Foucault'schen Pendel wird die Drehung der Erde nicht nur sichtbar – wie früher durch das Umstoßen einzelner Kegel –, sondern nun auch hörbar. Dafür sorgt ein, von dem Musikmechaniker Gerhard Kern eigens entwickelter, Mechanismus zum Anschlagen einer Klangplatte. Stößt das Pendel nun alle paar Minuten einen der Kegel um, so erklingt ein sanfter Erdton im gesamten Turm.

Auch die in den Museumswerkstätten entwickelte Station auf der rechten Seite des Pendels folgt diesem Mehr-Sinne-Prinzip. Hier kann man mit den Händen sowohl ertasten, wie sich die Erde unter einem am Nordpol aufgehängten Pendel hinwendet, als auch welche Flächen das Pendel innerhalb von 24 Stunden an verschiedenen Breitengraden überstreichen würde.

Die Bleikugel von Jolly

Links, direkt neben dem Foucault'schen Pendel, steht eine geheimnisvolle ein Meter große, dunkelgraue Kugel. Sie kam bereits 1905 als Leihgabe von der Ludwig-Maximilians-Universität an das Deutsche Museum und steht schon sehr lange in genau dieser Nische des Museumsturms. Dass sie so lange nicht bewegt wurde, hat sie wohl ihrem Gewicht zu »verdanken«. Die Kugel, die eigentlich aus 115 übereinandergestapelten Bleiplatten besteht, bringt nämlich stolze 5775,2 kg auf die Waage und ist damit schwerer als ein ausgewachsener Elefant. So war sie auch das einzige Exponat, das den Turm während der gesamten Umbauzeit nicht verlassen hat.

Aber was hat es mit dieser Bleikugel überhaupt auf sich? Mit Foucaults berühmtem Pendel verbindet sie nämlich eigentlich nichts – außer vielleicht der Ausstellungsraum, den sie sich beide nun schon jahrzehntelang teilen. Entwickelt und benutzt wurde die Kugel von dem Physiker Philipp von Jolly (1808–1884). Mit ihrer Hilfe konnte er in den Jahren 1879 und 1880 die Dichte der Erde so genau bestimmen, dass sein Wert nur um etwa zwei Prozent von dem heutzutage festgelegten Wert abweicht.

Dafür stellte er in der Spitze des Aulaturms der Münchener Universität eine selbstkonstruierte Doppelwaage auf, unter deren beiden Waagschalen an einem ca. 20 Meter langen Draht je eine weitere Waagschale hing. Ein Gegenstand wurde zunächst in den oberen Schalen austariert und dann in die darunter hängende Schale gelegt. Durch diese Annäherung an die Erde erhöhte sich das gemessene Gewicht des Gegenstandes. Diesen Effekt konnte Jolly noch verstärken, indem er die Bleikugel unter der unteren Waagschale platzierte: Die Masse der Kugel erhöhte lokal die Erdanziehungskraft und das Gewicht des Gegenstandes wurde noch größer. Aus der relativen Gewichtszunahme des Gegenstandes konnte Jolly dann die Dichte der Erde errechnen.



Abbildungen: Deutsches Museum, Reinhard Krause; Sabrina Landes



Unsere Schule

ein unbequemer –
fröhlicher Ort



- Weil wir uns verpflichten, einander zu respektieren.
- Weil gegenseitiges Vertrauen stark macht.

- Weil alle ermutigt werden, die Freiheit des Einzelnen in unserer Gemeinschaft zu schützen.

- Weil junge Menschen sich selbst entdecken, ihre Gaben und Fähigkeiten entfalten.



- Weil wir den Widerspruch erwarten.

- Weil alle ermutigt werden, Bindungen einzugehen und Verpflichtungen wahrzunehmen.

- Weil uns Fehler helfen, Stärken weiterzuentwickeln.

- Weil wir im Interesse unserer Schüler auch dem Missbrauch von Macht und Einfluss entgegenreten.

- Weil wir den Mut haben, miteinander fröhlich zu sein.

www.derksen-gym.de



**ELTERNINFORMATIONSBENDE
für die 5. Klasse 2023/2024**

**am Dienstag, 31. Januar 2023, 19 Uhr
und Mittwoch, 01. März 2023, 19 Uhr.
Intensive Beratung und Vorbereitung auf den
Übertritt ins Gymnasium.**

60 JAHRE



KLEINES PRIVATES LEHRINSTITUT

DERKSEN

SEIT 1959

G Y M N A S I U M

SPRACHLICH • NATURWISS.–TECHNOLOG.
STAATL. ANERKANNT • GEMEINN. GMBH

Pfingstrosenstraße 73 • 81377 München
Telefon 089/780707-0 • Fax 089/780707-10

Modellbahn

Lage: Ebene 0

Ausstellungsfläche: 260 m²

Fläche der Modellbahn: 44 m²

Maßstab: 1:87

Zuggarnituren: 36

Längster Zug: 4,5 m

Fahrende Straßenfahrzeuge:
ca. 20

Schienenlänge: rund 750 m

Weichen: 165

Vorführungen:

Die Modellbahnanlage wird täglich vorgeführt. Die aktuellen Vorführungszeiten entnehmen sie dem täglichen Programm.

Inszenierung eines Bahnsystems

Im Zentrum der neuen digital gesteuerten Modellbahnanlage steht das System Eisenbahn. Mit einer möglichst wirklichkeitsgetreuen Darstellung von Physik, Technik und Infrastruktur sowie des dazugehörigen Fahrbetriebs zeigt die Anlage im Maßstab 1:87 das Geschehen auf Schienen und Straßen. Neben den Schienenfahrzeugen sind auch Busse, Kehrmaschinen, Feuerwehrautos und Co. unterwegs und sorgen für eine hohe Verkehrsdichte auf der 44 Quadratmeter großen Modellbahnanlage.

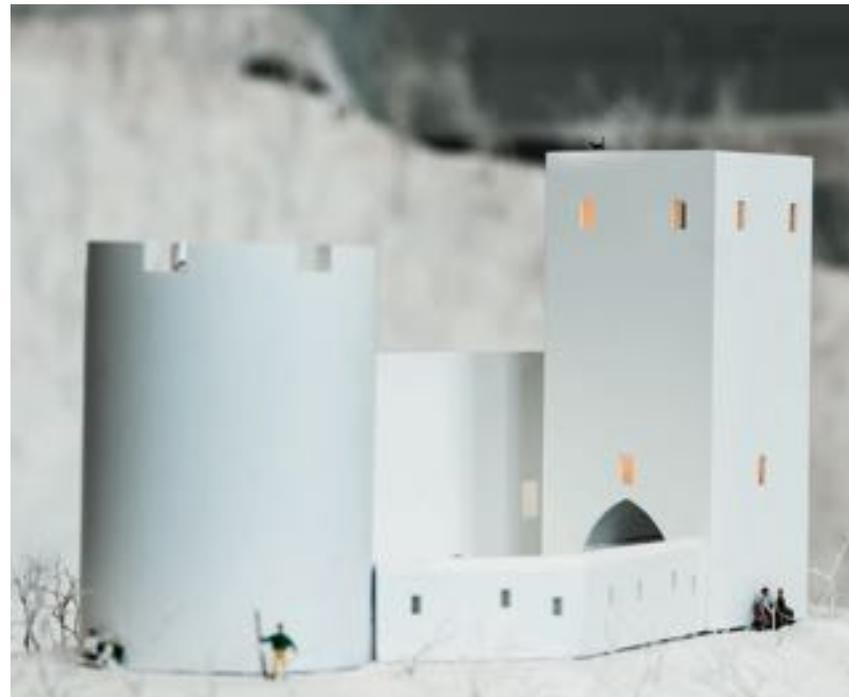
In Anlehnung an Architekturmodelle ist die Anlage als »Weißmodell« gefertigt. Sie ist abstrakt gestaltet. Gebäude und die Landschaft sind in neutralem Weiß gehalten. Alles, was uns bewegt, ist hingegen detailreich gestaltet und in Farbe zu sehen. Damit soll der Blick der Betrachtenden auf das gelenkt werden, was wir zeigen wollen: das realistische Verkehrsgeschehen.

In Weiß präsentiert sich die neue Modellbahnanlage. Nicht nur für Kinder gibt es viele liebevoll gestaltete Details zu entdecken.

Die Modellbahnanlage stellt einen fiktiven Ort in Unterfranken dar, der den Blick auf das typische Verkehrsgeschehen Mitte der 1990er Jahre ab der Gründung der Deutsche Bahn AG richtet. Alte und neue Strukturen sind hier noch vermischt: Es existieren kleine Bahnhöfe samt Güterschuppen an Nebenbahnen und moderne Hochgeschwindigkeitsstrecken für den ICE-Verkehr nebeneinander. Die kleine Modellstadt ist an den Fern- und Nahverkehr angeschlossen. Neben S-Bahn, Tram und Bus hat sie sogar einen Hafen zu bieten.

Die Züge ziehen nicht nur im sichtbaren Bereich auf der Oberfläche ihre Bahnen, sondern auch im sogenannten Schattenbereich – das ist ein großer Park- und Rangierplatz unter der Anlage. Über spiralförmige Gleiswendel im Inneren der Hügel wechseln die Züge zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Anlage. Einblicke in diesen Logistikbereich ermöglicht ein Fenster an der schmalen Stirnseite gleich neben dem Kontrollraum in Richtung der Ausstellung Robotik.

Thematisch ergänzt wird die neue Modellbahnanlage mit der Ausstellungseinheit zur Geschichte der Eisenbahn in Deutschland. Der Bereich Modellwelten beschreibt zudem die miniaturisierte Welt der Eisenbahnmodelle. Tastmodelle helfen hier, die Faszination sprichwörtlich begreifbarer zu machen.



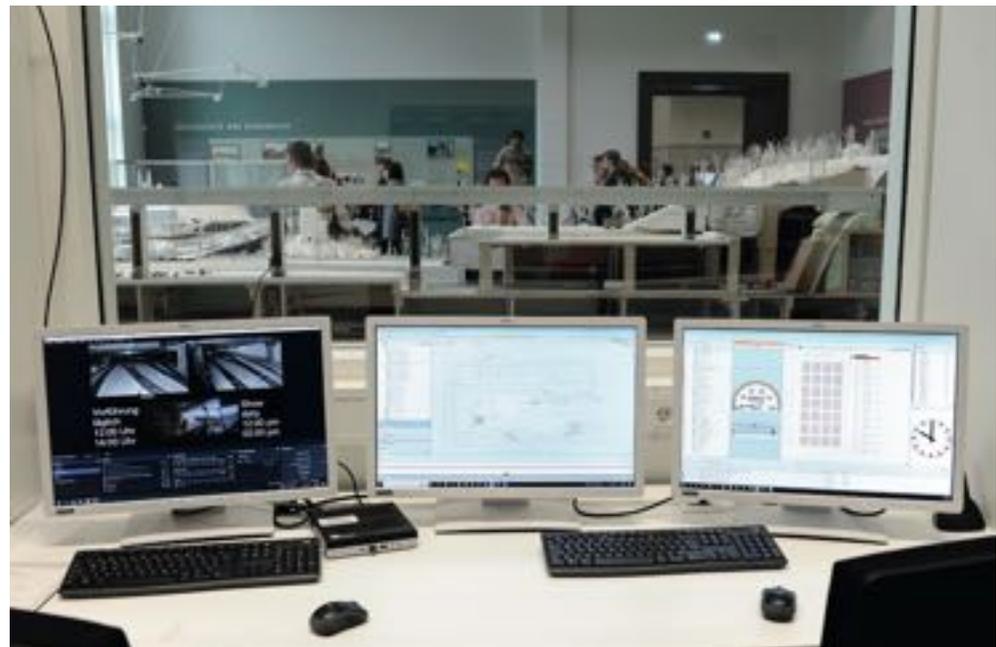
Findest du die balancierende Katze?

Vor unseren Augen entfaltet sich eine faszinierende Welt en miniature: Hunderte von Figuren wurden auf und an Gebäuden platziert, die ihre eigenen Geschichten erzählen. Spaziert da nicht eine Katze? Wie kommt sie dahin? Was hat sie erlebt? Ist es die Katze des Paares rechts im Bild? Wird sie schon vermisst ...

Die Steuerzentrale

Der Vorführbetrieb wird mittels Software gestartet. Das Programm läuft automatisiert ab. Es führt einen auf ca. 20 Minuten verkürzten Tagesablauf des Eisenbahnbetriebs vor. Alle Zugfahrten, die Weichen- und Signalsteuerung, die Beleuchtung auf der Anlage und des Ausstellungsraums sowie die Audiospur werden vom Computer aus gesteuert. Mit dem Computer übernimmt der Ausstellungsdienst die Funktion der Leitzentrale und des Stellwerks für den Bahnbetrieb.

Über die Schienen erhalten die Lokomotiven nicht nur ihren Strom, sondern auch die Fahrkommandos. Die Betriebsspannung und die adressierten Fahrbefehle werden gleichzeitig auf die Gleise übertragen. Jedes Fahrzeug hat einen Decoder mit einer eigenen Adresse, wodurch mehrere Loks auf einem elektrisch verbundenen Gleis fahren können.



Von hier aus steuert und überwacht der Ausstellungsdienst alle Bewegungen auf der Modellbahn.

Die akkubetriebenen Straßenfahrzeuge werden über Funk gesteuert. Die Fahrzeuge folgen einem in die Fahrbahn eingelassenen magnetischen Draht. An Kreuzungen oder Einmündungen gibt es spezielle Magnetweichen, die das Abbiegen der Fahrzeuge ermöglichen.

Energie – Motoren

Lage: Ebene 0

Ausstellungsfläche: ca. 900 m²

Aufbau: 7 Werkbänke, 1 Schraubwerkbank, 1 Motorenregal, 1 Erfinderwand

Objekte: ca. 100

Demonstrationen und vorführbare Exponate: 22

Medienstationen:

6 Infostationen, 8 Comicstationen, 8 Audiogeschichten

Die Ausstellung »Energie – Motoren« zeigt die Maschinen, die die Welt in Bewegung setzen und mit Energie versorgen. Von den Wasser- und Windkraftanlagen bis zu Verbrennungsmotoren und den Gasturbinen lädt die Vielfalt moderner Motoren zum Entdecken und selbst Ausprobieren ein.

Kunstvoll inszenierte
Entwicklungsgeschichte:
Die Motorenwand.



Gasturbine Sulzer NSR 63

Großobjekte sind immer mit viel Aufwand fürs Museum verbunden – so wie die neu erworbene Gasturbine vom Typ Sulzer NSR 63 mit einem Ausstellungsgewicht von fast neun Tonnen. Um dieses Objekt in der Ausstellung zeigen zu können, gab es detaillierte Abstimmungen mit Statikern und Architekten, aber auch zwischen Sammlungsmanagement und Ausstellungsteam: Welche Teile der Maschine werden gezeigt? Wie kann das Objekt in die Ausstellung transportiert werden? Welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, damit die Decke das Gewicht der Maschine aushält? Ist ein besonderer Schutz der Besucher vor dem

Objekt oder des Objekts vor den Besuchern notwendig? Es ist für das gesamte Team der Ausstellung ein besonderes Highlight, dass wir diese Maschine als frühe Vertreterin einer Gasturbine in Schwerbauweise in der Ausstellung zeigen können.

Gasturbinen sind allgemein als Flugtriebwerke bekannt; »stationäre«, also ortsfeste Gasturbinen sind in letzter Zeit aufgrund der Energiekrise verstärkt durch die Presse gegangen. Sie werden besonders in Kraftwerken zur Stromerzeugung oder in sogenannten Verdichterstationen für Erdgas zum Gastransport eingesetzt. Auch die Sulzer NSR 63, die das Deutsche Museum in der neuen Ausstellung »Energie – Motoren« zeigt, stammt aus einer solchen Verdichterstation.

Damit der Energieträger Gas dorthin gelangt, wo er verbraucht wird, benötigt man eine umfassende Infrastruktur für die Verteilung: das Gasnetz. Etwa 511 000 km Pipelines und Rohrleitungen bilden das weitverzweigte Gasnetz in Deutschland, das nicht nur rund 31 Millionen Bürger mit Energie zum Heizen versorgt: Den größten Anteil am Gasverbrauch in Deutschland hat die Industrie. Jedes Jahr wird im Gasnetz hierzulande etwa doppelt so viel Energie zu den Abnehmern transportiert wie durchs Stromnetz. Da das Gas in den Leitungen aufgrund von Reibung Strömungsenergie verliert, muss es etwa alle 150 Kilometer in einer Erdgasverdichterstation »angeschoben« bzw. verdichtet werden. Die Gasverdichter in diesen Verdichterstationen werden oft von Gasturbinen wie der Sulzer NSR 63 angetrieben.



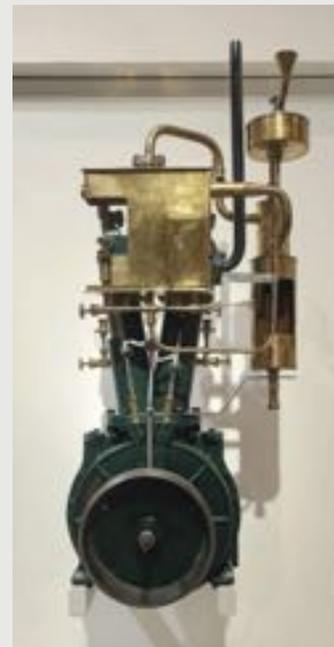
Demonstration Wasserkraftlandschaft

Die Werkbank zum Thema Wasserkraft zeichnet sich durch ihren taktilen Einführungsbereich aus. Der Auftakt, die Demonstration zum »Kennlinienfeld« wurde in Form einer »Wasserkraftlandschaft« taktil umgesetzt und ist ein Highlight für alle Besucher. Sie wurde als Kooperation der museumseigenen Werkstätten, insbesondere zwischen Bildhauerwerkstatt und Elektroniklabor, entwickelt.

Die Demonstration zeigt eine fiktive Landschaft mit Bergen, Flüssen, Stauseen, Dämmen und Städten in verschiedenen Größen. An mehreren Standorten kann eine von drei Wasserturbinen (oder ein altes Mühlrad) platziert werden. Wird die ideale Turbine für einen Standort gefunden, gibt es eine sicht- und fühlbare »Belohnung«. Bei der Entdeckungstour in der Landschaft sind Anfassen und Tasten ausdrücklich erwünscht!

Zweizylinder-V-Motor von Daimler, 1889

Die »Standuhr« von Gottlieb Daimler und Wilhelm Maybach aus dem Jahr 1884 ist allgemein bekannt. Weniger bekannt ist ihr Nachfolger, der Zweizylinder-V-Motor von 1889. Der Motor leistete 1,1 kW bei 600 1/min und wurde auf der Pariser Weltausstellung im »Stahlradwagen«, dem weltweit ersten von Grund auf als Automobil konzipierten Fahrzeug, der Öffentlichkeit vorgestellt.



Das Fahrzeug und der Motor gelten als ein Ausgangspunkt der französischen Autoindustrie, da die ersten französischen Autos mit Verbrennungsmotoren von Daimler V2-Motoren angetrieben wurden.

Neben dem Zweizylinder V-Motor von Daimler und Maybach finden sich im Motorenregal (siehe Foto Seite 14) weitere Highlights aus der Sammlung des Deutschen Museums, darunter auch die »Standuhr«.

Robotik

Lage: 0 (nahe Eingang)

Ausstellungsfläche: 225 m²

Objekte: ca. 85

Demos und Interaktiva: 8

Medienstationen: 16

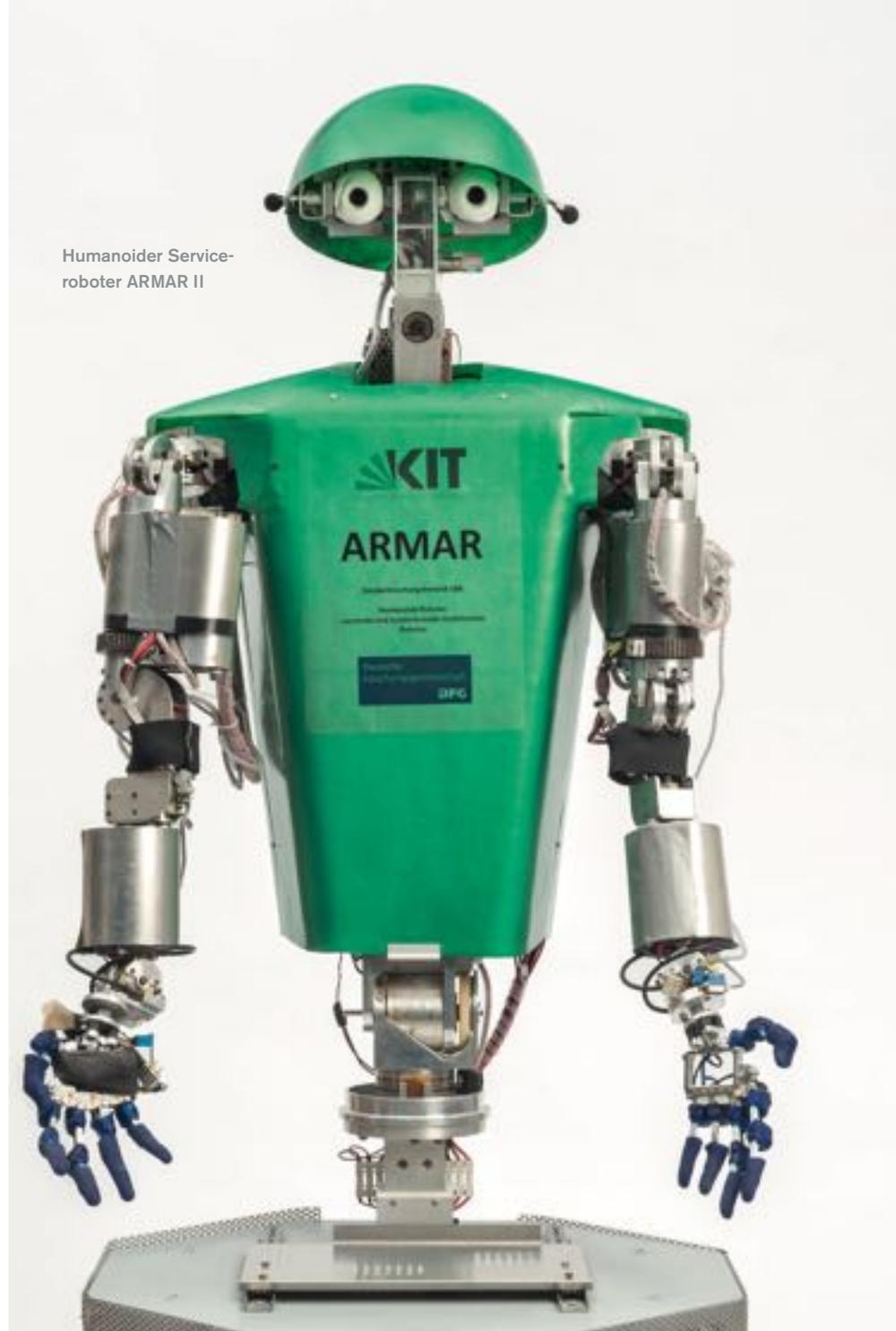
Bereiche: Forschung, Laufen und Greifen, Medizin und Pflege, Haushalt, Edutainment, Industrie, extreme Aufgaben, Geschichte, Kunst und Medien, Highlight-Arena und Demolab.

Bekanntlich arbeiten Roboter in Fabriken und bevölkern die Leinwände der Kinos. Allerdings übernehmen sie auch zunehmend Dienstleistungen in medizinischen Einrichtungen, Büros und Wohnungen – d. h. es gibt immer mehr Berührungspunkte zwischen Menschen und Robotern. Service-roboter, die ganz im Gegensatz zu klassischen Industrierobotern mithilfe ihrer Sensoren auf ihre Umwelt reagieren, wecken bei vielen Menschen Erwartungen aber auch Ängste.

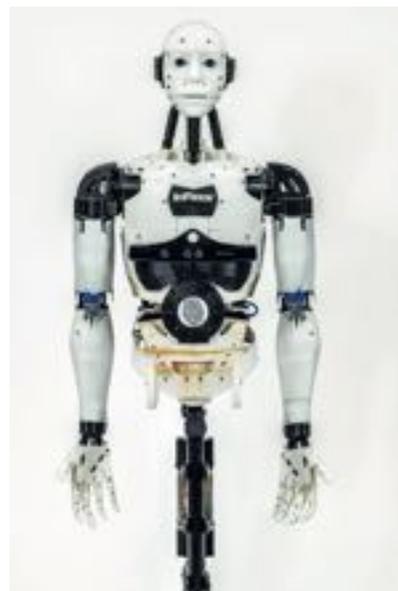
Humanoide Roboter – Ein lang gehegter Traum

Seit jeher träumt der Mensch von künstlichen Helfern – angefangen von Erzählungen aus der Mythologie und den Automaten des Altertums bis hin zu den Robotern aus der Sciene-Fiction. Ganz besonders faszinierend sind und waren dabei schon immer die künstlichen Nachbauten von Menschen. So ist es wenig verwunderlich, dass sich die heutige Robotikforschung intensiv der Entwicklung und dem Bau humanoider Roboter widmet.

In einer Zeit, in der Staubsauger- und Rasenmäherroboter bereits in den Regalen der Elektrofachgeschäfte zu finden sind, scheint eine Art elektronischer Butler immer realistischer zu werden. AMAR II ist der zweite Prototyp eines Haushaltsroboters, der am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelt wurde. Er



Humanoider Service-roboter ARMAR II



Open-Hardware-Roboter InMoov



Humanoider Roboter Roboy 2.0



Durch den hellen Ausstellungsraum ziehen sich dünne, schwarze Rasterlinien – so entsteht der Eindruck eines virtuellen Raums.

konnte einen Tisch decken oder eine Spülmaschine aus- und einräumen, indem er angelernte Bewegungsabläufe automatisch ausführte. Besonders für Senioren könnten zukünftig solche Roboter eine große Hilfe sein. Ein menschliches Erscheinungsbild der Roboter könnte dabei helfen, diese vertrauter wirken zu lassen.

Auch in München wird intensiv an humanoiden Robotern geforscht: 2013 in Zürich begonnen, wurde das Projekt Roboy an der TU München weitergeführt. Ziel ist der Bau eines Roboters, der sehen, hören, sowie sich bewegen und orientieren kann, wie ein Mensch. Roboy 2.0 konnte außerdem Gespräche führen, Rad fahren und sich auf der Straße zurechtfinden. Am Garching Campus kutscherte er Studierende und verteilte Eiscreme. Das aktuelle Projekt »Robody« beschäftigt sich damit, mittels einer VR-Brille und Controller in den Körper eines humanoiden Roboters zu schlüpfen und diesen zu steuern.

Aber nicht nur in der Forschung werden menschenähnliche Roboter gebaut: Sogenannte »Open-Source-Projekte« ermöglichen es begeisterten Hobbybastlern, zu Hause ihren eigenen Roboter zu bauen. Ein solches Projekt ist InMoov, der erste humanoide Open-Hardware Roboter: Sein Gehäuse lässt sich mittels eines 3D-Druckers herstellen. Alle technischen Bauteile, wie etwa Motoren oder Kameras, müssen zugekauft und eingebaut werden. So lässt sich der Roboter aber auch an individuelle Ideen anpassen. Die Dateien und die Baupläne veröffentlichte der Erfinder des Projekts, Gaël Langevin, online, um so die Verbreitung und Weiterentwicklung des Roboters zu ermöglichen.

Armar II ist im Themenbereich »Haushalt« und Roboy 2.0 sowie InMoov in der Mitte des Ausstellungsraumes auf der »Highlight-Arena« zu finden.

Wie durch Zauberhand von A nach B

Autonomes Fahren spielt nicht nur in der Automobilbranche eine wichtige Rolle, sondern auch bei allen Servicerobotern, die sich auf Rädern durch unsere Lebenswelt bewegen. Auf ihrem Weg müssen diese die Orientierung behalten sowie unbeweglichen, als auch beweglichen Hindernissen ausweichen können.

Diese Fähigkeiten wurden bereits vor mehr als 20 Jahren an Hermes und Mortimer erprobt: Dank ihres Kamerasystems konnten sich die Roboter in einer komplexen Gebäudestruktur zurechtfinden sowie Gegenstände und Personen erkennen und ihnen ausweichen. Um eine Kollision im letzten Moment zu vermeiden, befanden sich an der Unterseite der Roboter zusätzlich taktile Sensoren.

Unerwartete Ereignisse treten aber besonders außerhalb von Gebäuden, beispielsweise im Straßenverkehr auf. Hier müssen Roboter sehr schnell und flexibel reagieren können. Der Lieferroboter Starship kann automatisch seine Ziele ansteuern und

»Mortimer« war in der Lage, Koffer durch die engen, verzweigten Gänge eines Hotels zu transportieren.



weicht dabei selbstständig Fußgängern, anderen Fahrzeugen und Tieren aus. Bevor allerdings solche Roboter flächendeckend eingesetzt werden, muss z.B. vorher geklärt sein, wie zuverlässig diese Fahrzeuge sind, und wer etwa bei einem möglichen Unfall oder Schadensfall haftet.

Hermes ist im Themenbereich »Forschung« und Mortimer im Bereich »Haushalt« zu finden. Starship ist auf dem Podest im Bereich »extreme Aufgaben« verortet.



Wasser- und Brückenbau

Lage: Ebene 0

Ausstellungsfläche: 1370 m²

Objekte: ca. 300

Demos und Interaktiva: 14

Medienstationen: 19

Diorama: 3

Bereiche: 3

Auf zwei Präsentationsebenen sehen Sie, wie Wasserwege gesteuert werden, Schleusen funktionieren und vor allem wie Brücken konstruiert und gebaut werden. Präsentiert werden Originalteile von der historischen Wasserleitung bis zur schwingenden Besucherbrücke, aufwändige historische Großmodelle, detailfreudige Dioramen, informative Medienstationen und interaktive Demonstrationen. Außerdem gibt es einen Bereich, der mit wechselnden Themen bespielt wird. Zum Auftakt geht es um den Betonbau. Sie erleben, wie Erkenntnisse der Naturwissenschaften im Ingenieurbau praktisch umgesetzt werden.

Eines von vielen Highlights der Ausstellung: Die begehbare Hängebrücke aus Stahl und Glas schwingt sich mit 27 Metern Spannweite durch den Raum. Die Konstruktion steckt nicht nur voll technischer Raffinesse, sie ist auch ein Ausdruck der Gestaltungskraft im Ingenieurbau. Außerdem dient die Brücke selbst als Demonstration: Man kann sie beim Begehen spürbar in Schwingung versetzen. Das zeigt, welche Spielräume moderne Baustoffe eröffnen.

Ein scheinbar schwereloser Turm

Mitten in der Ausstellung demonstriert der fünf Meter hohe »Tensegrity-Turm«, wie durch das ausbalancierte Zusammenwirken von Druck- und Zugkräften Stabilität entsteht. Als Tensegrity bezeichnet man in der Bautechnik ein Gebilde aus sich nicht berührenden Stäben, das allein aufgrund verbindender Seile als Zugelemente seine Festigkeit erhält. Die filigran wirkende Struktur aus scheinbar schwebenden Stäben demonstriert Grundlagen der Statik: Auf jedes Bauwerk wirken Belastungen in unterschiedlicher Weise ein. Das Besondere an einem Tensegrity ist, dass jedes Element entweder unter reiner Druckbelastung oder unter reiner Zugbelastung steht. Dank der hohen Vorspannung der Seile ist der Turm äußerst stabil. Davon können Sie sich selber überzeugen, denn Anfassen ist hier ausdrücklich erwünscht.

In der Ausstellung soll der Turm in das Thema Tragwerke einführen und damit zur Konstruktion von Brücken überleiten: Die Ausstellung ist nämlich nach statischen Gesichtspunkten gegliedert in Bogenbrücken (Druck), seilverspannte Brücken (Zug) und Balkenbrücken (Biegung, bzw. Druck und Zug). Der Tensegrity-Turm demonstriert also, wie die richtige Anordnung von Druck- und Zugelementen ein sta-



biles Tragwerk ergibt. Der Turm wirkt statisch wie eine konventionelle Fachwerkkonstruktion. Dazu gibt es unmittelbar daneben ein Modell, an dem das Prinzip des Fachwerks erklärt wird.

Gebaut wurde »Tensegrity« von Forschenden der TU München, die dabei auch erstmals zeigen konnten, dass 3-D-Drucktechniken sich problemlos im Metallbau einsetzen lassen: Sämtliche Verbindungsknoten, die normalerweise gefräst, geschweißt oder gegossen werden, entstanden im 3D-Drucker. Eine Grundlage für weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet.

Bild links: Das Demonstrationsobjekt »Tensegrity« verdeutlicht zwei Grundprinzipien der Statik: Die Bedeutung des Ausgleichs von Druck- und Zugkräften.

Bild unten: Das Eisengeflecht der kleinen Hütte besteht aus dünnen, glatten Eisenstäben, die in einem Raster von 10cm Kantenlänge verflochten sind. Darauf wurde eine Betonschicht von zwei Zentimeter aufgetragen.

Die Geburtsstunde des Stahlbetons

Der Siegeszug des Stahlbetons begann mit einer Hundehütte. Kaum zu glauben? Und doch wahr: Das Deutsche Museum beherbergt das letzte vorhandene Exemplar dieser Hütten, die der Baustoffhändler Conrad Freytag (1846–1921) 1884 errichtete. Die Hütte mag heute etwas roh wirken, aber immerhin bot sie jahrelang dem Hund der Familie Freytag Schutz. Das Verfahren, Zementmischungen mit Metallgeflecht zu verstärken, hatte sich 1867 der französische Gärtner und Erfinder Joseph Monier (1823–1906) patentieren lassen – er hatte das Verfahren für die Anfertigung von Pflanzkästen ersonnen. Freytag erwarb eine Lizenz auf das Monierverfahren und entwickelte es weiter. Neben Hundehütten produzierte er später verschiedene Beton-Fertigteile, insbesondere Beton-Rohre. Freytag gilt heute als einer der Pioniere des Betonbaus.

Die Entwicklung des Stahlbetons eröffnete ganz neue Dimensionen des Bauens: Kühne Konstruktionen mit enormen Spannweiten wurden möglich. Zu sehen ist das in der Ausstellung am Modell der »Jahrhunderthalle« aus Breslau. Eines der ersten Großprojekte, das mit dem neuen Bauverfahren ausgeführt wurde. Die weitere Entwicklung verlief rasant: Mit der Erfindung des Spannbetons in den 1950er Jahren konnten die architektonischen Möglichkeiten weiter ausgebaut werden. In der Ausstellung finden sich zahlreiche Beispiele dazu.





Blick in die Luftfahrthalle
des Deutschen Museums.

Moderne Luftfahrt

Lage: Ebene 0 und 0+

Ausstellungsfläche: ca. 3130 m²

Objekte: ca. 280

Demos: ca. 30

Medienstationen: ca. 30

Die neue Dauerausstellung ist in acht Themenbereiche gegliedert:

- Flugphysik: Das Geheimnis des Auftriebs
- Leichtbau: Vögel als Vorbilder – leicht und stabil
- Flugzeugsysteme: Mehr als Rumpf und Flügel
- Der Starfighter: Rekordflugzeug und »Witwenmacher«
- Drehflügler: Rotierende Flügel
- Flughafen und Flugbetrieb: Kosmos Luftverkehr
- Flugführung und Flugsicherung: Pilot und Lotse – Hand in Hand
- Flugsicherheit – Sicherheit geht vor!



Cockpitsegment Airbus A320

Verkehrsflugzeuge von heute unterscheiden sich für die meisten Reisenden äußerlich kaum von ihren Vorgängern etwa aus den 1960er Jahren. Die Veränderungen liegen vor allem bei neuen Baumaterialien und deren Verarbeitung, bei den wirtschaftlicheren Triebwerken, aber auch bei neuen Technologien der Flugsteuerung und Navigation. Besonders spannend ist daher immer ein Blick »unter die Haut«, im vorliegenden Fall auf den Arbeitsplatz der Cockpitbesatzung. Ergänzend zum Cockpitsegment einer 1959 gebauten Boeing 707 kann in der neuen »Modernen Luftfahrt« auch ein etwa 25 Jahre später entwickeltes moderneres Cockpit eines Airbus A320 präsentiert werden. Es wirkt aufgeräumt, da Bildschirme über abrufbare Computermenüs parallel mehrere Funktionen übernehmen. Der Pilot steuert das Flugzeug aus dem Handgelenk heraus über Joysticks.

Alle Mitglieder der A320-Familie, aber auch die größeren Typen A330 und A340, haben dieselbe Cockpitausstattung und ähnliche Flugcharakteristiken. Diese »Kommunalität« erlaubt es den Piloten, verschiedene Typen mit nur einer Lizenz zu fliegen. Als 1987 der Prototyp der A320 flog, verfügte er erstmals über eine digitale Flugsteuerung (»Fly-by-Wire«). Schon vorher hatten jedoch elektronische Cockpitanzeigen Einzug gehalten – umgangssprachlich spricht man in Bezug auf die früher eingesetzten Röhrenbildschirme von »Glascockpits«. Auch die Funktion des Flugingenieurs ist entfallen – zwei Piloten genügen. Unser Exponat wurde 2021 am Verwertungsstandort Teruel/Spanien aus

einer ehemaligen Lufthansamaschine ausgebaut. Zunächst trug sie den Namen »Leipzig«, wurde aber später in »Deggendorf« umgetauft.

Das Exponat erlaubt, die Ambivalenz eines speziellen Sicherheitsdetails hervorzuheben: Nach den Terroranschlägen des 11.09.2001 wurden gegen unbefugtes Betreten gesicherte Cockpittüren vorgeschrieben. Ein solcher Mechanismus jedoch sperrte 2015 beim Germanwings-Flug 4U 9525 den Kapitän aus und trug so ungewollt zum Tod von 150 Menschen bei.



Kunstflugzeug Extra 300 L

Ein weiteres neues Exponat kann fast wie in seinem ursprünglichen »Lebensraum« in spektakulärer Installation bewundert werden. Die Extra 300 L ist ein Hochleistungsflugzeug für den Wettbewerbs-Kunstflug, wiegt abflugbereit 950 kg und wird von einem Kolbenmotor mit 220 kW angetrieben. Bei einer Rolle kann sie sich in weniger als einer Sekunde einmal um ihre Längsachse drehen. Ihre tiefer gesetzten Flügel verbessern die Sicht beim Rollen. Den Rumpf bildet eine verkleidete Stahlrohrkonstruktion; Tragflügel, Leitwerk und die Fahrwerksbeine bestehen aus extrem festem und leichtem Faserverbundmaterial, vor allem Carbon. Der Erstflug der ursprünglichen Extra 300, noch mit höher angesetztem Flügel, erfolgte 1988. Auch auf Initiative des Spenders – der als Nachbildung durch die Bildhauer des Deutschen Museums am Steuerknüppel sitzt und sie selbst zur Flugwerft Schleißheim des Deutschen Museums überführt hat – wurde sie zur Version 300 L (für »low wing«) weiterentwickelt.

RADSPIELER

Seit 1841

*Radspieler –
damit
Einrichten
Freude
macht!*

*F. Radspieler & Comp. Nachf.
Hackenstraße 7
80331 München
Telefon 089/235098-0
Fax 089/264217
www.radspieler.com*



Der Luftkrieg im Zweiten Weltkrieg steht im Fokus dieses Ausstellungsteils.



Historische Luftfahrt

Lage: Ebene 1 und 1+

Ausstellungsfläche: ca. 2500 m²

Objekte: ca. 690

(davon 16 komplette Flugzeuge)

Demos und Interaktiva: 8

Dioramen: 3

Medienstationen: 12

Bereiche: 10

Highlight-Exponate: Junkers-Flugzeuge F 13, A 50, Ju 52; Klemm L 25; Dornier Do A Libelle; Messerschmitt Flugzeuge M 17, Bf 109, Me 262, Me 163; Fieseler Fi 156 Storch; Flugabwehr-Rakete »Rheintochter« R1; Bachem Ba 349 »Natter«; Flugbombe Fi 103 / V1 und Raketenwaffe Aggregat 4 / V2

Fliegen im »Zeitalter der Extreme«

Grenzenloses Fliegen schien nach dem Ersten Weltkrieg durch technische Innovationen und eine unbändige Luftfahrtbegeisterung greifbarer denn je. Neue Flugrouten befördern Passagiere und Fracht; Expeditionen und Rekordflüge lassen Visionen Wirklichkeit werden. Während Menschenmassen den tollkühnen PilotInnen zjubeln, entfernen sich jedoch viele Techniker und Militärs vom friedlichen Fortschrittsgedanken. Lukrative Aufrüstungspläne und nationaler Geltungswahn bringen in den 1930er Jahren leistungsstarke Militärflugzeuge und ein nie dagewesenes Gewaltpotenzial hervor.

Die Ausstellung eröffnet im Licht und Schatten der »Goldenen 20er Jahre« am Beispiel der »Luftlimousine« Junkers F13, die im Kontext des Versailler Vertrags entstand. Leichtflugzeuge wie Klemm 25, die in den 1920er und -30er Jahren waghalsige Rekordflüge um die ganze Welt bestritten, demonstrieren die weitläufige Luftfahrtbegeisterung. Rund um das größte und begehrte Exponat, die Junkers Ju 52, wird die geheime Aufrüstung unter zivilem Deckmantel der Lufthansa erläutert.

Die andere Hälfte der Halle behandelt die Luftrüstung und den Einsatz der deutschen Luftwaffe im Zweiten Weltkrieg, u. a. an Messerschmitt-Flugzeugen und den »Vergeltungswaffen« V1 und V2. Technisch geprägte Bereiche zu Flugmotoren und Pro-

pellern flankieren die zentralen Ausstellungsnarrative. Auf dem Zwischengeschoß findet eine Vertiefung der Bereiche Flugmodelltechnik und Segelflug statt.

Woran im »Zeitalter der Extreme« der luxuriöse Passagierluftverkehr scheiterte, warum technische Pionierleistungen oft militärischen sowie wirtschaftlichen Maßgaben folgten und wie es zum Zivilisationsbruch im Zweiten Weltkrieg kommen konnte, stellt die Dauerausstellung chronologisch dar. Den nötigen Kontext für die Originalflugzeuge liefern Texte und Bildquellen, die gedruckt wie digital unterschiedliche Vertiefungsebenen bereitstellen. Um die deutsch-fokussierten Narrative dieser Zeit zu erweitern und etablierte Mythen zu dekonstruieren, bieten großformatige Grafiken einen internationalen und vergleichenden Zugang zur Luftfahrtgeschichte.



Bild rechts oben: Die Junkers Ju 52. Bild rechts: Cockpitnachbau der legendären Luftlimousine Junkers F13.



Zwangsarbeit im Deutschen Reich

Höchstens als Randerscheinung in traditionellen Technikmuseen wurde ein Themenbereich bislang stets NS-Gedenkstätten überlassen: der millionenfache, flächendeckende Einsatz von Zwangsarbeit in der deutschen Industrie während der Zeit des Nationalsozialismus. Ohne dieses brutale Mittel wäre der Bau einiger ausgestellter Flugzeuge undenkbar gewesen. Eine neun

Meter lange Wandgrafik verbindet Zeitstrahlelemente mit Texten, Fotos, Statistiken, Zitaten sowie drei Audio-Nischen. Das Ausmaß wird deutlich, mit dem Flugzeugfirmen die vom NS-Staat verfolgten, deportierten und inhaftierten Menschen bereitwillig einsetzten. Dies gipfelt in der Feststellung, dass die Belegschaft einiger Werke bei Kriegsende zur Hälfte aus KZ-Häftlingen bestand, deren Tod in Kauf genommen wurde.



Blick in den Musiksaal mit Ahrend-Orgel (links), Thalkirchner Orgel und Positiven auf der Empore sowie Cembali, Clavichorden und Hammerklavieren.

Musikinstrumente

Lage: Ebene 1

Ausstellungsfläche: 730 m²
in der Ausstellung + 200 m² im
»Blick ins Depot«

Objekte: ca. 250 in der
Ausstellung + ca. 800 im
»Blick ins Depot«

Demos und Interaktiva: 12
Hands-on-Demonstrationen

Medienstationen: 8 Film- und 2
Medienstationen

Bereiche: 12 thematische Module
und »Blick ins Depot«

Die Ausstellung zeigt in 12 thematischen Modulen wichtige Momente der Entwicklung der Musikinstrumente, vom Cembalo des 16. Jh. bis zum Software-Instrument der Gegenwart, von der kleinen Flöte bis zur raumhohen Orgel. Der »Blick ins Depot« ermöglicht zudem einen Blick hinter die Kulissen des Museums.

Neue und alte Ikonen der Musikgeschichte

Der historistische Musiksaal bietet das spektakuläre Entree für die neue Ausstellung Musikinstrumente. Die Ausstellung lädt ein, Instrumente aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten: Wie spiegeln sich Musik-, Kultur- und Technikgeschichte in den Instrumenten? Wie haben Instrumentenbauer auf neue Klangideen, Materialien und Technologien reagiert? Wie haben Musiker und Komponisten die Instrumente genutzt und deren Entwicklung beeinflusst? Welchen Stellenwert hat die Musik in der Gesellschaft und im Leben des Einzelnen?

Die Ausstellungsarchitektur stellt die Instrumente in den Mittelpunkt und setzt für einzelne der zwölf thematischen Module gezielt Inszenierungen ein. Wirken im Musiksaal die Orgeln und die besaiteten Tasteninstrumente auf weißen Podesten aus sich selbst, scheinen im zweiten Raum etwa 80 Orchesterinstrumente in einer Großvitrine zu schweben, während Erfindertische die Mechanismen von Erfindungen und deren Vermarktung zeigen, und sind im dritten Raum dann u. a. elektronische Studios nach historischen Fotografien gestaltet.

Hands-on-Demonstrationen ermöglichen den Besuchern und Besucherinnen, selbst aktiv zu werden, etwa die Funktionsweise einer Orgel zu erkunden, eine Harfe zu spielen, an einem modularen Synthesizer zu experimentieren oder mit den Chladni'schen Figuren Schwingungen sichtbar zu machen. Filme betten die elektronischen Instrumente in ihren Kontext ein. Und über den Museumsguide lassen sich Tonbeispiele ausgewählter Instrumente aufrufen.



Auf der Bühne v.l.n.r.: Elektrische Bassgitarre Höfner 500/1 Violin-Bass mit Bassverstärker VOX T-60, Schlagzeug Ludwig Downbeat »Black Oyster Pearl«, elektrische Gitarre Gretsch 6122 Country Gentleman und elektrische Gitarre Rickenbacker 325 Rose-Morris 1996 Fireglo mit Gitarrenverstärker VOX AC-30.

Karriere für drei Gitarren und ein Schlagzeug

Unter den neuen Teilen der Ausstellung Musikinstrumente zieht eine die BesucherInnen besonders an: eine Bühne, auf der zwei E-Gitarren, ein Bass und ein Schlagzeug stehen, begleitet von Verstärkern. Die Instrumente, die für die neue Ausstellung erworben werden konnten und die mit ihren kräftigen Farben ein Blickfang sind, zeigen die ikonische Besetzung, wie sie die Beatles zu Beginn ihrer Karriere spielten. In der Ausstellung sind sie vor einem Foto zu sehen, das die Band bei ihrem legendären Auftritt in der Ed Sullivan-Show am 9. Februar 1964 im amerikanischen Fernsehen zeigt. Kurz zuvor war ihnen mit »I Want to Hold Your Hand« ihr erster weltweiter Nr.-1-Hit gelungen. Der Auftritt brachte nicht nur für die vier Liverpools den Durchbruch, sondern auch für die Hersteller der Instrumente, Rickenbacker, Gretsch und Ludwig aus den USA für die E-Gitarren sowie das Schlagzeug und die Firma Höfner aus dem fränkischen Bubenreuth für den Bass, der später als »Beatles-Bass« legendär wurde. Bereits während der Sendung gingen zahllose Bestellungen ein. Eine Massenhysterie von zuvor unbekanntem Ausmaß erfasste in der Folge die Jugend. Die »Fab Four« prägten Lebensgefühl und Mode der 1960er Jahre und revolutionierten das Songwriting sowie die Studioproduktion, die Besetzung wurde zur Norm.

Die Bühne bildet den Auftakt für das letzte der 12 Module der Ausstellung, in dem es um Instrumente der Rock- und Popmusik geht. Diese ist ohne Synthesizer nicht denkbar und so ist gegenüber der Bühne eine Phalanx von Synthesizern zu sehen, die vor dunklem Hintergrund als Meisterwerke inszeniert sind. Sie beginnt mit dem frühen modularen Moog IIIp-Synthesizer aus dem Jahr 1969, den das Museum 2019 von dem Komponisten und Dirigenten Eberhard Schoener erwerben konnte, und reicht bis zur Software »Geoshred«, die Jordan Rudess, Keyboarder von »Dream Theatre«, für das Tablet entwickelt hat.

Am Ende der Ausstellung führt eine Treppe in den »Blick ins Depot«. Er bietet einen Blick hinter die Kulissen des Museums,

auf das Sammeln, Bewahren und Erforschen von Objekten, Aufgaben jedes Museums, die aber oft im Verborgenen bleiben. Über 800 Instrumente werden hier verwahrt. So wird anschaulich, dass es viele Objekte gibt, die nicht in den Ausstellungen zu sehen sind, und dass deren Bewahrung und Erforschung Aufgaben sind, die besonderer Kenntnisse bedürfen



Funktionsmodell einer Orgel

Das Deutsche Museum verfügt über eine weltweit einmalige Sammlung von Orgeln, die zu den komplexesten Musikinstrumenten gehören. Um Aufbau und Funktionsweise einer mechanischen Schleifladenorgeln, wie etwa der Thalkirchner und der Ahrend-Organ, erfahrbar zu machen, fertigte Alexander Steinbeißer aus den Werkstätten des Deutschen Museums für die neue Ausstellung ein Funktionsmodell. Es zeigt die wichtigsten Teile und Pfeifenformen solcher Orgeln. Viele Teile sind durchsichtig gestaltet und erlauben so Einblicke etwa ins Innere der Pfeifen oder des Windkastens, durch den die Luft in die Pfeifen strömt. Das Modell gibt es live und haptisch in der Ausstellung sowie als AR-Anwendung in der Deutschen Museum App und als VR-Anwendung im VR-Lab »Proxy«.



Klassische Optik

Lage: Ebene 1

Ausstellungsfläche: ca. 300 m²

Objekte: ca. 220

Demos und Interaktiva: 30

Medienstationen: 2

Diorama: 6

Bereiche: 4

Optische Phänomene und Erscheinungen begegnen uns, sobald wir die Augen aufmachen: ganz alltägliche, wie unser Spiegelbild, dunkle Schatten oder himmlisches Abendrot; oder auch seltenere, wie ein Regenbogen oder eine Fata Morgana. Die Ausstellung präsentiert in vier Bereichen die Grundlagen und Anwendungen der klassischen Optik von der Antike bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Rund zwanzig Mitmachstationen und zehn Knopfdruckexperimente laden dazu ein, optische Phänomene zu erkunden und zu begreifen.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Bärtierchen., angefertigt von MitarbeiterInnen des Deutschen Museums.

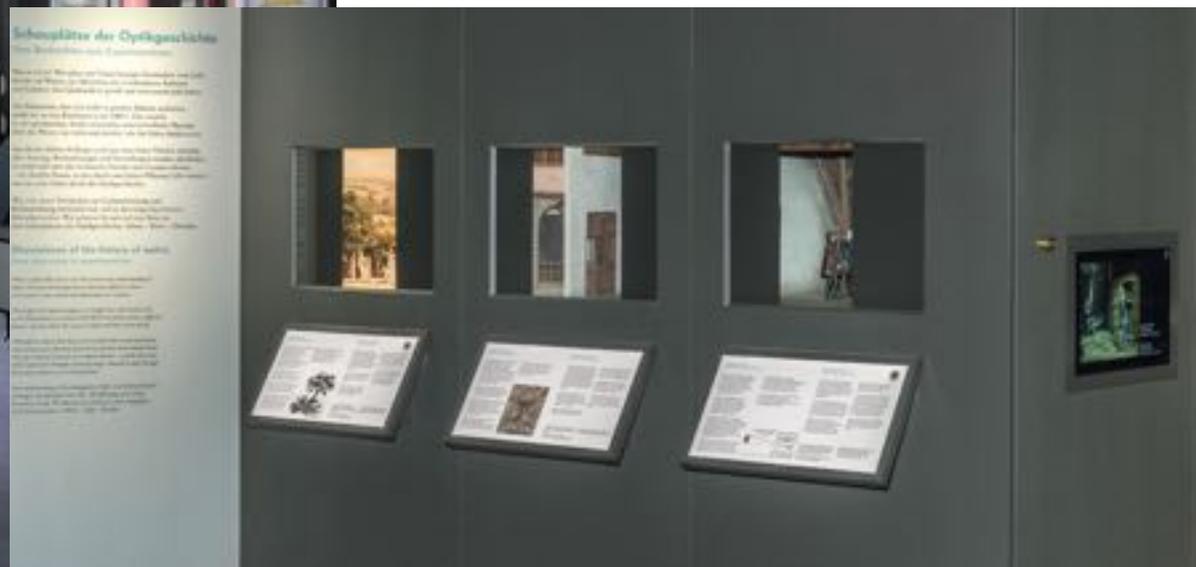


Mikroskopisches Theater

Im Zentrum der Ausstellung steht das Mikroskopische Theater, das Besucherinnen und Besucher dazu einlädt, in die Bilderwelten des Mikrokosmos einzutauchen. Unsere Mikroskopie-Experten im Ausstellungsdienst – Tobias Jäger und Harald Waßmer – erläutern live an den Geräten anhand von überraschenden Aufnahmen die Techniken der Licht- und Elektronenmikroskopie. Bärtierchen, Ameisen, Pollen und sogar Nierensteine sind nur einige von vielen Proben, die von den Mitarbeitern selbst präpariert und im Bild festgehalten werden. Im Rahmen der Vorführung entsteht häufig auch ein Dialog mit dem Publikum und nicht zuletzt auch ein Austausch darüber, wie Wissenschaft funktioniert und auf welche Weise neue Erkenntnisse gewonnen werden können – eine weitere Facette der Faszination Forschungsmuseum.



Diorama zur Beobachtung von Sonnentavern im Schatten eines Baums in der Antike.



Drei Dioramen erläutern die Beobachtungstechniken im Laufe der Jahrhunderte.

Dioramen: Schauplätze der Optikgeschichte

Wie stellt man Geschichte aus, zu der man über keine materielle Überlieferung verfügt? Zweifelsfrei besitzt das Deutsche Museum eine sehr gute Sammlung zur Geschichte der Optik, jedoch deckt auch diese bei weitem nicht alle Entwicklungen ab. Von den wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Natur des Lichts, die die Menschen vor der Neuzeit gewannen, zeugen nur wenige Objekte aus unseren Beständen. Doch zum Glück gibt es im Museum auch andere Mittel und Wege, Geschichte zu erzählen und lebendig zu machen. Statt auf Multimedia, High-Tech und Bildschirmspektakel kann das Deutsche Museum dabei auf eine alte und kreative Technik zurückgreifen, die zur DNA unseres Museums gehört: Erzählen mit Dioramen.

Mit dem Anknüpfen an das Sehvermögen hatten die Fragen »Was ist Licht und wie sehen wir?« schon immer einen hohen

Stellenwert für die Menschen. Empirische Erfahrungen wurden nicht nur über Generationen, sondern auch in verschiedenen Kulturen ausgetauscht, fortgeschrieben und weiter untersucht. Diesen Transfer und die Transformation von Wissen in der Zeit vor der Entstehung der Optik der Neuzeit exemplarisch zu erzählen, ist das Ziel der drei Dioramen zu den Schauplätzen der Optikgeschichte. Sie zeigen am Beispiel der Camera Obscura, wie die Beobachtungen zu Naturphänomenen zur Zeit der griechischen Antike über genauere Untersuchungen im arabisch-islamischen Kulturraum bis in das höfische Umfeld in der Neuzeit untersucht wurden.

Für diese Erzählung wurden im kreativen Zusammenspiel zwischen dem kuratorischen Team, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Bildhauer-, Modell- und Malerwerkstatt sowie externer wissenschaftlicher Beratung drei neue Dioramen konzipiert, die nicht nur inhaltlich, sondern in bisher einmaliger Art und Weise auch räumlich miteinander verbunden sind: So können Besucherinnen und Besucher über einen seitlichen Einblick in alle drei Dioramen schauen – ein Blick zurück in die (Wissens-)Geschichte der Optik.

Einblick in die Ausstellung Atomphysik mit dem ersten deutschen Zyklotron. Darüber ein weiterer Teilchenbeschleuniger und blau schimmernd ein Modell des Forschungsreaktors in Garching.

Atomphysik

Lage: Ebene 1

Ausstellungsfläche: ca. 240 m²

Objekte: ca. 80

Demos und Interaktiva: 15

Film- und Medienstationen: 9

Bereiche: 7

Atome sind sehr, sehr klein. Heute kann man mit modernen Rastertunnelmikroskopen und Rasterkraftmikroskopen Atome zwar »ertasten«, aber auf den so erzeugten Abbildungen sieht man bestenfalls verschwommene runde Flecken. Solche »Fotos« verraten nur bedingt etwas über die innere Struktur von Atomen. Um dorthin vorzudringen haben sich Physiker und Chemiker unterschiedliche Methoden ausgedacht. Ihnen gemeinsam ist, dass man aus beobachteten Phänomenen der makroskopischen Welt auf die Eigenschaften der Atome rückschließt. Wie oft in den Naturwissenschaften werden Erkenntnisse so nicht auf direktem Weg gewonnen. Vieles was in der Ausstellung zu sehen ist, hat deshalb erst auf den zweiten Blick etwas mit Atomen zu tun.

Die Quecksilber-Luftpumpe von August Toepler ist eine verbesserte Version der ersten Pumpe dieser Art von Heinrich Geißler. Die Pumpe funktioniert nach der Art des Barometers. Das warme Holz kombiniert mit fragilen Glasröhren und Kolben würde man nicht in einem Physikkolabor vermuten.

Sphärenlicht

Was hat eine Quecksilber-Luftpumpe in der Atomphysikausstellung zu suchen? Heinrich Geißler (1814–1879) erfand 1857 die Quecksilberluftpumpe und konnte damit Glasröhren luftleer pumpen. Füllt man ein wenig Gas in die Röhren und legt an die ins Glas eingeschmolzene Elektroden eine hohe Spannung an, so fängt das verdünnte Gas in der Glasröhre an zu leuchten. Das war schön anzuschauen und die leuchtenden Röhren wurden unter dem Namen Geißleröhren bekannt. Aber nicht nur das. Julius Plücker fand 1859 heraus, dass bei Gasentladungen in stark evakuierten Röhren das Glas in der Nähe der Kathode



leuchtete. Sein Schüler Hittorf untersuchte das Phänomen weiter und führte 1869 zur Erklärung eine neue Art von Strahlung ein: die Kathodenstrahlen. Aber aus was bestehen Kathodenstrahlen? Erst die Ablenkung dieser Strahlen durch elektrische und magnetische Felder brachte 1897 die Erkenntnis: J. J. Thomson stellte fest, dass es sich dabei um geladene Teilchen handelt, die offenbar Bestandteil von Atomen sind – wir nennen sie heute Elektronen.

Die Elektronen bilden die Hülle von Atomen und sind für das Aussenden und Absorbieren von Licht zuständig. Außerdem sind sie für die chemischen Eigenschaften der Elemente verantwortlich. Die Entdeckung des Elektrons war der Schlüssel zum Verständnis von Atomen. Technik und naturwissenschaftliche Forschung befruchten sich gegenseitig. Ohne neue Technik wäre neue experimentelle Forschung nicht möglich und umgekehrt bringen neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine neue Technik hervor. Die Erfindung der Quecksilber-Luftpumpe hat ein kleines Stück des weiten Weges zur großen Quantenrevolution geebnet.

Superschwer und extrem kurzlebig

Kennen Sie Darmstadtium? Das Element ist schwerer als Gold, sogar schwerer als Uran. Ob es silbrig glänzt? Das können wir nicht sagen. Denn leider sind die wenigen Atomkerne dieses Elements, die bisher erzeugt werden konnten, sofort wieder zer-

Aktuelle Forschung auszustellen ist schwierig: Entweder die Experimente sind zu groß oder das Thema ist zu speziell. Hier eine Ausnahme, auch wenn nicht die gesamte Beschleunigeranlage sondern nur der Detektor ins Museum passt. Mit dem SHIP-Detektor (Separator for Heavy Ion Reaction Products) fand man ab 1994 am GSI Helmholtzzentrum drei neue, superschwere Elemente.



fallen. Und dabei war es gar nicht so einfach, die paar wenigen superschweren Kerne zu erzeugen. Erst mussten im Teilchenbeschleuniger UNILAC Nickelionen auf 1/10 Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Durch den Aufprall dieser Projektile auf ein mit Blei beschichtetes Targetrad entstanden kurzlebige Zwischenkerne, die im Anschluss jeweils ein Neutron verloren und am Ende in der dünnen Siliziumschicht des Stop-Detektors stecken blieben. Dort konnte man sie nachweisen, Kerne aus 110 Protonen und 159 Neutronen. Nicht sehr stabil aber doch so stabil, dass sie einen eigenen Elementnamen verdient haben. Man nannte das Element nach dem Ort seiner Entdeckung: Darmstadt.

Schrödingers Katze

Quantenphysik steht in dem Ruf unverständlich zu sein. Wie macht man in einer Ausstellung etwa verständlich, was nicht einmal Physiker verstehen? Lassen wir es also weg? Wir haben uns gegen Weglassen entschieden. Naturwissenschaft ist kein fertig geschriebenes Buch. Offene Fragen muss man aushalten können, denn sie sind es, die die Wissenschaft vorantreiben. Aber damit die Sache interessant wird, muss man wissen, wo die offenen Fragen liegen. Ein Gedankenexperiment zum Messproblem von Erwin Schrödinger aus dem Jahr 1935 sollte das absurd erscheinende Wirklichkeitsverständnis der Quantenphysik vor Augen führen: Eine Katze wird zusammen mit einer radioaktiven Probe, einem Geigerzähler und einem Giftfläschchen in eine Kiste gesperrt. Wenn ein Atom in der Probe zerfällt, wird das vom Geigerzähler detektiert. Dies löst einen Hammer aus, der das Giftfläschchen zerschlägt. Das Gift läuft aus und tötet die Katze. Wie sähe eine quantenphysische Beschrei-



Schreiner, Modellbauer, Medientechniker. Diese Werkstätten des Deutschen Museums haben zusammengearbeitet, um das berühmteste Gedankenexperiment der Quantenphysik Realität werden zu lassen – oder was war das nochmal – Realität?

bung des Experiments aus? Die Quantenphysik nimmt an, dass sich atomare Systeme im Zustand der Überlagerung befinden, so lange keine Messung erfolgt. Solange niemand »hinschaut«, existieren die Atome in der radioaktiven Probe als Überlagerung der Zustände »Zerfallen« und »Nichtzerfallen«.

Wenn die Kiste nicht geöffnet wird, sollte daher auch die Katze – deren Tod ja eine Folge des Atomzerfalls ist – in einer Überlagerung der Zustände »tot« und »lebendig« existieren. Erst im Augenblick, in dem man die Kiste öffnet, wird einer der beiden Zustände Realität. Auch wenn Sie nicht wissen sollten, wo ihre Katze gerade herumstreunt, an eine Überlagerung von toter und lebendiger Katze werde sie nicht glauben. Auch Schrödinger glaubte nicht daran.



Das alchemistische Labor erinnert an die Anfänge chemischer Forschung.

Chemie

Lage: Ebene 1

Ausstellungsfläche: ca. 1200 m²

Objekte: ca. 1000

Demos und Interaktiva: ca. 50

Dioramen: 3

Medienstationen: 32

Bereiche: 10

Die Chemieausstellung vereint einen historischen Bereich, eine Ausstellung über moderne Chemie und einen Laborbereich mit Hörsaal und Besucherlabor. Interaktive Experimentierstationen geben darüber hinaus die Möglichkeit, sich eingehend mit der Chemie zu beschäftigen.





Von wegen Chemie ist kompliziert! Für Kinder gibt es spezielle Stationen.

Spannende Chemie im Alltag – Die neue Dauerausstellung

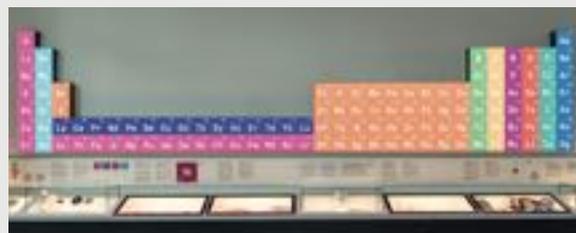
Die neue Chemieausstellung überrascht durch ungewohnte Blickwinkel auf Alltagsprodukte, ihren chemischen Hintergrund und chemische Vorgänge um uns herum. All dies erleichtert den Zugang zu dieser Naturwissenschaft.

Durch drei historische Laboratorien taucht man beim Besuch direkt in die Geschichte der Chemie ein. Das alchemistische Labor kommt zunächst noch wie die Küche eines wohlhabenden Adligen daher. Eine Vielzahl historischer Glasgeräte klärt auf über die Gedankenwelt der Alchemisten und die Suche nach dem Stein der Weisen. Im Lavoisier- und Liebig-Labor wird gezeigt, wie sich die moderne Naturwissenschaft Chemie durch Experiment und Beobachtung herausgebildet hat. Die heutige Welt der Chemie präsentiert sich auf verschiedenen Inseln und in einer ganzen Reihe von Themen, wobei der Zusammenhang zur Chemie auf den ersten Blick mitunter überraschend erscheinen mag. Oder wussten Sie, wieviel Chemie in der Zubereitung von Fleisch steckt, welche chemischen High-Tech Materialien in modernen Autos verborgen sind oder welche Alltagsprodukte laufend chemisch analysiert werden? Historische Exponate aus der Sammlung des Museums, moderne Labortechnik, lebensechte Dioramen und interaktive Elemente kommen hier zusammen und ermöglichen den Blick in die molekulare Welt. Ein Laborbereich mit einem großen Hörsaal und ein Besucherlabor sowie interaktive Experimentierstationen geben die Möglichkeit, chemische Experimente hautnah zu erleben und selbst durchzuführen. Die Ausstellung wurde unterstützt durch die Initiative »Chemie im Dialog«. Deren Vorstandsvorsitzender, Markus Steilemann, betont: »Chemie begleitet uns in jedem Aspekt unseres Lebens. Trotzdem nehmen wir das viel zu selten bewusst wahr. Das soll die Chemieausstellung im Deutschen Museum ändern, indem sie diese elementare Naturwissenschaft für Besucherinnen und Besucher auf vielfältige Weise erlebbar macht.«

Das Periodensystem der Elemente

Das Herzstück des Grundlagenbereichs ist ein leuchtendes Periodensystem der Elemente: Besuchende können hier mit einer Medienstation die große LED-Wand steuern und so das Ordnungsprinzip spielend nachvollziehen. Außerdem gibt es Filme zu jedem einzelnen chemischen Element.

Vitrinen zeigen Exponate zu so verschiedenen Aspekten wie Atombau, historische Entwicklung und den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften von Atomen und Molekülen. Als Star der Ausstellung steht in der Mitte ein Tisch, auf dem Dutzende chemische Elemente in ihrer Reinform in transparente Würfel eingegossen sind. So versteht man sehr gut, wie dieses sperrige Periodensystem die Materie unserer Welt zu sortieren hilft.



Der Star des Grundlagenbereichs: Ein Tisch, auf dem chemische Elemente in Reinform zu sehen sind.



Foto und Film

Lage: Ebene 2

Ausstellungsfläche: 560 m²

Objekte: ca. 900

Demos und Interaktiva: 14

Diorama: 1

Medienstationen: 18

Die Ausstellung Foto und Film ist in vier Bereiche gegliedert. Im Zentrum steht die historische Entwicklung. Daneben gibt es Themeninseln zu Digitalfotografie, Farbe, Raum, Zeit, dem schnellen und dem indiskreten Bild sowie dem Tonfilm. Es folgen Grundlagen, Bauteile und Funktionen derameratechnik. In der Galerie der Bilder werden schließlich zwei Bildverfahren vorgestellt: die Laterna magica und das Autochrom.

Fliegende Bildersammler

Immer öfter summt und surrt es durch die Luft, der suchende Blick zum Himmel fällt bald auf eine ferngesteuerte kleine Drohne, die den Traum einer entfesselten Kamerafahrt möglich macht. Keine Frage, die Drohnenfotografie hat die Sicht auf die Welt verändert. Während Bilder früher meist horizontal ausgerichtet waren, lassen die elektronisch gesteuerten Fluggeräte mit einer Einsatzhöhe von bis zu 100 Meter völlig neue Perspektiven zu. Die Senkrechtfotografie war bislang nur mit einem erheblichen Aufwand realisierbar, doch eine Draufsicht macht ganz gewöhnliche Dinge viel interessanter.

Bei der Drohnenfotografie kommen meist verschiedenste Multicopter zum Einsatz, die sich jeweils in der Anzahl der Rotoren unterscheiden. Darunter ist der Quadrocopter mit vier Rotoren das populärste Modell. Diese sind mit kleinen Actionkameras ausgestattet, während die großen, leistungsfähigeren Hexacopter oder Octocopter sogar mit hochauflösenden Spiegelreflexkameras bestückt werden können. Seit den 2010er Jahren zunächst als

exklusive Anfertigungen erhältlich, kann heute fast jeder Elektromarkt eine eindrucksvolle Produktpalette an Fotodrohnen offerieren. Die sozialen Netzwerke bieten den Luftaufnahmen der ambitionierten FotografInnen viel beachtete Plattformen. Und der Drohnenmarkt boomt, trotz immer strengerer Gesetze im »unteren Luftraum«. Wer heute eine handelsübliche Drohne in die Luft steigen lässt und mit ihr Aufnahmen machen will, muss zuvor etliche bürokratische Hürden überwinden – unter anderem einen Onlinetest beim Luftfahrtbundesamt, eine Registrierung als DrohnenpilotIn sowie den Abschluss einer speziellen Haftpflichtversicherung. Inzwischen werden die Drohnen nicht nur aus Spaß, sondern auch bei Architekturvermessung und Baudokumentationen verwendet, wo auch unzugängliche Stellen ohne großen Aufwand fotografisch erfasst werden können. Dass Drohnen durchaus mit einem schlechten Image behaftet sind, ist der Tatsache geschuldet, dass sie militärisch genutzt werden. Sie kommen heutzutage nicht nur in der Luftaufklärung zum Einsatz, sondern auch bei Kampfhandlungen.

Sportlicher Luftflitzer

Für die Drohnenfotografie werden besondere technische Merkmale relevant, die spezifisch für Luftaufnahmen sind. In der Ausstellung Foto + Film wird die DJI Phantom 3 Advanced Kamera-Drohne ein RTF(Ready-to-fly)-Quadrocopter mit integrierter Kamera ausgestellt. Diese Drohne mit einem Gewicht von 1280 g wird von einem Elektromotor mit einem 4480 mAh Akku angetrieben. Damit wird eine Flugzeit von bis zu 23 Minuten möglich.



Die kleine sportliche Drohne entwickelt immerhin Geschwindigkeiten von 16 Meter pro Sekunde im Horizontalflug, 5 Meter pro Sekunde im Steigflug und eine Sinkgeschwindigkeit von 3 Meter pro Sekunde. Dabei kann die integrierte 12-Megapixel-Drohnenkamera, Bilder und Videos mit Auflösungen von bis zu 1920x1080 Pixeln aufnehmen, die auf einer Micro-SD gespeichert werden. Jegliches Ruckeln des Quadrocopters durch Wind oder abrupte Steuerungsbefehle werden durch einen sogenannten 3-Achsen-Gimbal, auf dem die Kamera sitzt, ausgeglichen.

Das Bild der Kamera lässt sich live während des Flugs mittels App in HD-Qualität auf Smartphone oder Tablet anzeigen. Diese Funktion wird als First Person View bezeichnet (FPV).

Auch Kamera-Einstellungen lassen sich per Touchscreen vornehmen. Neben der Steuerung und Positionierung der Drohne mit Hilfe von globalen Navigationssatellitensystemen, kann die Drohne über das eingebaute »Vision Positioning System« z. B. in Innenräumen oder abgeschirmten Tälern bei einer Flughöhe von bis zu drei Metern mit Kameras und Ultraschall-Sensoren gesteuert werden.

Drohnen-Aufnahme des Deutschen Museums 2022.

Zurück in die Zukunft

Ein greller Blitz, ein leises Surren und aus der klobigen Kamera schiebt sich ein Bild, der zarte Duft der Entwicklerchemie steigt in die Nase... Spannung und Aufregung steigen, wenn auf dem grauen Polaroid nach und nach das Bildmotiv sichtbar wird. Viele kennen die Faszination des »Polas« noch aus den 1970er und 1980er Jahren. Die Jüngeren, die »Digital Natives«, entdecken die Sofortbildfotografie seit einigen Jahren neu.

Die Erfolgsgeschichte der Sofortbildkamera begann im Jahre 1947 als es Edwin Herbert Land gelang, ein fotografisches Trennbildfilm-System entwickeln. Zu Weihnachten 1948 kam die erste »Land-Kamera« auf den Markt. Sie ermöglichte es, dass man unmittelbar nach der Aufnahme ein fertiges Bild in seinen Händen halten konnte.

Entscheidendes Detail der Erfindung war jedoch nicht die Kamera, sondern der Schichtenaufbau des Films. Dabei wird das Bild nach der Belichtung aus der Kamera gezogen, wobei der Film zwischen zwei Walzen hindurchläuft, die wiederum die Entwicklerpaste zwischen Positiv und Negativ verteilen. Das belichtete Negativ wird dadurch auf das Positiv übertragen.

Nach ungefähr 30 bis 90 Sekunden Entwicklungszeit kann man das fertige Positiv abziehen. Zunächst nur schwarz-weiß,



Optisch ist die Sofortbildkamera Polaroid OneStep2 i-Type Camera kaum vom der Original One Step Kamera aus dem Jahr 1977 zu unterscheiden. Doch nicht nur das Design ist retro-inspiriert, auch das ikonische Bildformat von 79 x 79mm entspricht dem Original. Die technischen Funktionen sind überschaubar: ein automatischer Blitz, eine Über- bzw. Unterbelichtungsfunktion sowie ein Selbstauslöser stehen zur Verfügung.

waren auch bald farbige Polaroids möglich.

1972 stellte Edwin Land einen Film vor, der sich nach der Belichtung selbst entwickelte, ohne dass das Bild vom Negativ getrennt werden musste, da alle Filmbestandteile im ausgeworfenen Bild integriert waren. Lands Unternehmen, die Polaroid Company, wurde zu einem Global Player auf dem Kameramarkt. Durch das Aufkommen der Digitalkameras wurde die Sofortbildkamera Ende der 1990er Jahre völlig vom Markt verdrängt. Erstmals musste die Polaroid Cop. 2001 Insolvenz anmelden, es folgten mehrere Eigentümerwechsel bis Ende 2008 die finale Abwicklung des Unternehmens kurz bevorstand. In letzter Sekunde fanden sich die risikofreudigen Unternehmer des »Impossible Projects«, die die Produktion der speziellen Filme wieder aufnahmen und in der Folge einen Sofortbild-Boom auslösten, der bis heute anhält.

Ein Tornado aus Schrott erinnert in der Ausstellung Elektronik an die Folgen unseres mitunter unbedachten Konsums immer neuer Geräte.



Elektronik

Lage: Ebene 2

Ausstellungsfläche: 564 m²

Objekte: ca. 350

Demos und Interaktiva: 11

Medienstationen: 8

Diorama: 6

Bereiche: 6

Der Themenbogen der Ausstellung ist gespannt über die Elektronik in ihrer ganzen Breite. Mit den Schwerpunkten: Grundlagen, Elektronik im Wandel, Verankerung in der Gesellschaft, Produktion, Konsum und Recycling und nicht zuletzt durch den Funkbetrieb der Amateurfunkstation DLØDM blicken wir auf das Zeitalter der Elektronik, ohne die unsere moderne Informationsgesellschaft nicht denkbar wäre.

Beliebtes
Hands-on-Modell:
Der interaktive
Schaltungstisch.



Interaktiver Schaltungstisch

Ein Highlight der Ausstellung ist das bei unseren Besucherinnen und Besuchern äußerst beliebte Hands-on, der interaktive Schaltungstisch. Ohne Spezialkenntnisse der Elektronik, ohne die oft zermürbende Fehlersuche beim Bau von elektronischen Schaltungen und ohne Löt- und Werkzeugausstattung kann unter anderem der einfach klingenden Frage nachgegangen werden, warum das Licht im Treppenhaus weiter brennt obwohl



Der interaktive Schaltungstisch hilft, elektronische Vorgänge durch Ausprobieren zu verstehen.

der Lichtschalter losgelassen wurde. Mit dem interaktiven Schaltungstisch gelingt ein Einblick in die »Black Boxes« in denen sich die mitunter recht abstrakte Elektronik für vielerlei Alltagsanwendungen verbirgt. Insbesondere für Schülerinnen und Schüler ist der interaktive Schaltungstisch ein geeignetes Instrument, die grundlegende Funktionsweise von Elektronik aufzuschlüsseln.

Mit dem Schaltungstisch können die wesentlichen Bauelemente der Elektronik ergründet und deren Ei-

genschaften und Funktionen innerhalb von vorgegebenen Schaltungen unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade interaktiv nachvollzogen werden. Das Experimentierfeld besteht aus einem Spezialdisplay auf dem ein Sortiment von 45 Bauelemente-Würfeln platziert werden kann. Zur Auswahl steht ein repräsentativer Querschnitt an Bauelementen: vom Widerstand über Kondensator und Spule, von Diode und Transistor bis hin zum Motor. Die korrekte Position eines Bauelements in der Schaltung wird optisch durch eine grüne Signalisierung am Display rückgemeldet, so dass die Kontrolle augenblicklich erfolgen kann. Bei korrekter Zusammenschaltung der Bauelemente funktionieren die Schaltungen in echt. Kurzschlussfest und völlig gefahrlos.

Besonders stolz sind wir darauf, Erfahrungen mit den Grundlagen der Elektronik auch hinsichtlich der Anforderungen an Barrierefreiheit ermöglicht zu haben. Ein Tastbuch in Blindenschrift samt haptisch erfassbaren Symbolen dient als Erklärung und leitet zum Bau von Schaltungen an. Die Tastsymbolik findet sich auf den zu platzierenden Bauelemente-Würfeln wieder, so dass beispielsweise ein Vibrationsmotor angesteuert werden kann, dessen Funktionieren dann erfühlbar ist.

Der interaktive Schaltungstisch wurde sowohl unter elektrotechnischen als auch unter didaktischen Gesichtspunkten von einem interdisziplinären Team im Deutschen Museum konzipiert, entwickelt und gebaut.

Bestückungsautomat Siplace SX2

In jüngster Zeit wird uns vor Augen geführt, welchen Abhängigkeiten viele Industriezweige von der Verfügbarkeit von Mikrochips und Elektronik, deren Lieferketten und auch deren Produktion unterliegen. Der moderne Bestückungsautomat Siplace SX2 des Herstellers ASM versinnbildlicht dabei eine Fertigungstechnologie, die deutschlandweit auch in der mittelständischen Industrie zum Einsatz kommt.

Bei der Siplace SX2 handelt es sich um eine sogenannte »Pick and Place«-Maschine mit der winzige elektronische Bauteile auf Platinen, dem Trägermedium für elektronische Schaltungen, vollautomatisch platziert werden können. Der maschinelle Bestückvorgang gilt als eine der Basistechnologien für die Massenproduktion und die Miniaturisierung von Elektronikkomponenten.

Die Siplace SX2 wurde speziell für das Deutsche Museum mit durchsichtiger Acrylglashaube versehen, um während wiederkehrender Live-Vorführungen einen realistischen Einblick in die Arbeitsweise der Maschine zu gewähren. Dabei entsteht vor den Augen unserer Besucherinnen und Besucher eine eigens dafür entwickelte Platine im Museums-



Bei Live-Vorführungen wird die Herstellung einer Platine in Form der Museumseule gezeigt.

eulen-Design. Mit welcher Präzision und Geschwindigkeit der Bestückungsautomat operiert, lässt sich schon anhand einiger technischer Details erahnen: Winzige Bauteilabmessungen bis hin zu 0,4 mm x 0,2 mm können gehandhabt werden und die Benchmark-Bestückleistung von 27 000 Bauelementen pro Stunde lassen erahnen, wie moderne Massenfertigung gelingt.



Bild Schrift Codes

Lage: Ebene 2

Ausstellungsfläche: 1060 m²

Objekte: ca. 200

Demos und Interaktiva: 31

Diorama: 1

Medienstationen: 34

Die Ausstellung zeichnet medien- geschichtliche Umbrüche nach und erklärt Grundlagen von der tradi- tionsreichen Drucktechnik über die Schrift in der digitalen Ära und von den Anfängen der Kryptologie in der Antike bis hin zu den kryptologi- schen Verfahren des Post-Quanten- Zeitalters.

Die Rosetta Disc

Zweifelsohne gehören Sprache und Schrift zu den wichtigsten Errungenschaften der Menschheit. Sie ermöglichen es, miteinander zu kommunizieren und Informationen zu verbreiten. Oft- mals wissen wir über Kulturen, die hunderte oder sogar tausende Jahre alt sind, erstaunlich viel. Deren schriftliches Erbe wurde in Stein gehauen, in Ton gepresst, auf Pergament oder Papier ge- schrieben. Fraglich erscheint dagegen, ob die schriftlichen Über- lieferungen unserer heutigen Gesellschaften und Kulturen über- haupt eine Zukunft haben, denn digitale Speicher gelten als nicht sehr langlebig. Doch auch die Schriftsprachen selbst sind dyna- mische Gebilde und stehen gerade in Zeiten der Globalisierung stark unter Druck. Sprachwissenschaftler gehen davon aus, dass innerhalb des nächsten Jahrhunderts nur wenige Schriftsprachen überdauern und sich weiterentwickeln, während bis zu 90 Pro- zent der weltweiten Sprachenvielfalt verloren gehen könnte.

Eine kreative Lösung dieser Problematik verspricht das Ro- setta Projekt der Long Now Foundation, welches sich mit der Langzeitarchivierung von Schriftsprachen befasst. Ergebnis ist die Entwicklung der Rosetta Disc – zu sehen im Themenbereich Schrift der Ausstellung Bild Schrift Codes. Diese kleine Schei-

be passt mit ihren 7 cm Durchmessern in eine Handfläche und enthält dennoch über 13000 Seiten mit Informationen zu mehr als 1500 menschlichen Sprachen. Die Scheibe ist allerdings kein digitaler Datenspeicher, sondern die Texte und Grafiken sind mikroskopisch geätzt und dann in massivem Nickel elektrogeformt. Das ist ein besonderes Verfahren, welches den Text nur ganz leicht – etwa 100 Nanometer – von der Oberfläche der Scheibe abhebt. Jede Seite hat einen Durchmesser von nur 400 Mikrometern und kann unter dem Mikroskop bei 650-facher Vergrößerung so deutlich gelesen werden wie ein Buch.



Auf der Rosetta Disc sind viele Texte und Informationen versammelt, die zur kulturellen Basis heutiger Gesellschaften zählen. Darunter z. B. Ausschnitte aus der Charta der Vereinten Nationen, aber auch religiöse Texte sowie viele weitere Informationen – übersetzt in eine Vielzahl unterschiedlicher Sprachen. Die Idee, parallele Texte zu sammeln, wurde durch den berühmten Stein von Rosetta inspiriert.

Das Rosetta-Prinzip

Das alte Ägypten übte schon lange eine große Faszination auf die Menschen in Europa aus. Man wollte alles über das legendäre Reich wissen, über seine Pyramiden, Pharaonen und Götter. Doch man scheiterte kläglich an der Entzifferung des ägyptischen Schriftsystems. Viele Gelehrte mühten sich vergeblich – bis 1799 auf Napoleons Ägyptenfeldzug nahe der Stadt Rašid

(Rosetta) im Nildelta ein Felsblock mit einer dreisprachigen Inschrift gefunden wurde. Diese barg Fassungen desselben Textes in altgriechischer und demotischer Schrift sowie in Hieroglyphen. Durch den Bezug auf das bekannte Altgriechisch konnten Wissenschaftler, allen voran Thomas Young und Jean-François Champollion, die altägyptische Hieroglyphenschrift entziffern und so die bislang verborgene Geschichte einer alten Zivilisation entschlüsseln.

Die Nachbildung des Rosetta-Steins im Deutschen Museum ist über 100 Jahre alt. Sie besteht aus Gips und ist etwas kleiner als das Original. Seit der Entdeckung des Steins wurden zahlreiche Kopien angefertigt, auch um Grundlagenforschung zu betreiben. Das Original befindet sich seit 1802 im British Museum in London.



Der Chiffrierzylinder von Thomas Jefferson

Thomas Jefferson ist uns heute weniger als Krypto-Experte denn als Präsident der Vereinigten Staaten bekannt. Dennoch erfand er um das Jahr 1790 die Chiffrierwalze – einen echten Meilenstein in der Geschichte der Geheimschriften. Über hundert Jahre später wird Jeffersons Erfindung die Basis vieler Chiffriermaschinen liefern.

Auf 25 Scheiben aus Leder, Metall oder Holz werden jeweils die Außenseiten mit verwürfelten Alphabeten beschrieben. Jede Scheibe enthält das Alphabet in unterschiedlicher Anordnung. Der Schlüssel liegt in der Reihenfolge der unterschiedlichen Scheiben – diese muss zwischen Sender und Empfänger geheim abgesprochen werden. Damit Besucherinnen und Besucher hinter das Geheimnis des Chiffrierzylinders gelangen können, wurde für die Ausstellung Bild Schrift Codes solch ein Chiffrierggerät mit 10 Scheiben aus Holz in den Werkstätten des Deutschen Museums nachgebaut. Jefferson war seiner Zeit weit voraus. Seine Erfindung wurde über 150 Jahre als sehr sicher eingestuft – eine abgewandelte Version wurde von der US Army noch während des Zweiten Weltkriegs für strategische Nachrichten verwendet: das Chiffrierggerät M-94 kann neben der Demonstration des Chiffrierzylinders in einer Vitrine begutachtet werden.



Tüftelspaß für die ganze Familie gibt es in der Ausstellung Mathematik.

Mathematik

Lage: Ebene 2

Ausstellungsfläche: 190 m²

Objekte: ca. 100

Mitmachstationen: 31

Diorama: 1

Medienstationen: 5

Bereiche: Einführung, Dimension, Perspektive und Symmetrie

Vom Anschaulichen zum Abstrakten: Im Vordergrund der Ausstellung stehen das Mitmachen, das Anfassen, Ausprobieren und Selbst-Erfahren von mathematischen Zusammenhängen. Dadurch wird das Thema nicht nur für Mathematik-Erfahrene, sondern auch für das jüngere Publikum und alle anderen Interessierten zugänglich. Aber auch Exponate-Liebhaber kommen auf ihre Kosten!



Für das Modell dieses Sierpinski-Tetraeders wurde die Bauvorschrift sechsmal ausgeführt.

Ein Hauch von Nichts

Mitten in der Ausstellung schwebt hoch über den Köpfen der Besucherinnen und Besucher ein seltsam löchriges, äußerst filigranes Gebilde: ein Sierpinski-Tetraeder. Genau genommen ist das Ausstellungsobjekt aber nur »ein Sierpinski-Tetraeder im Entstehen«. Ein »echtes« Sierpinski-Tetraeder erhält man erst, wenn – ausgehend von einem einzigen Tetraeder – die Bauvorschrift »Ersetze jedes Tetraeder durch vier auf die halbe Kantenlänge verkleinerte Kopien« unendlich



Aus der richtigen Perspektive betrachtet, verschwinden die Löcher des Tetraeders.

oft ausgeführt wird. Doch was ist das Besondere an diesem Objekt? Berechnet man nach jedem Entstehungsschritt die Gesamtoberfläche seiner vielen kleinen Tetraeder-Bausteine, deren Volumen und die Gesamtlänge aller seiner Kanten, stellt man fest: Die Oberfläche bleibt immer gleich groß, die Summe aller Kantenlängen verdoppelt sich und das Volumen halbiert sich bei jedem Schritt.

Erst wenn man die Bauvorschrift unendlich oft wiederholt, erhält man das Sierpinski-Tetraeder. Seine Kantenlänge ist jetzt unendlich lang, das Volumen des Körpers ist Null, die Oberfläche jedoch immer noch so groß wie am Anfang.

Kaum vorstellbar, dass dieser Körper, der einen eindeutig dreidimensionalen Eindruck macht, dennoch ein volumenloses, mathematisch gesehen zweidimensionales Gebilde ist.

Benannt wurde er zu Ehren des polnischen Mathematikers Waclaw Sierpinski (1882–1969), der das dem Objekt zugrunde liegende Sierpinski-Dreieck als Erster beschrieb.

Das Sierpinski-Tetraeder ist zu unregelmäßig, um es mit klassischer Geometrie beschreiben zu können. Man benötigt dazu die von Benoît Mandelbrot (1924–2010) entwickelte fraktale Geometrie.

Das Objekt vereinigt und vernetzt Themen mehrerer Ausstellungsbereiche: Symmetrie, Perspektive, Konvergenz und Unendlichkeit. Formuliert man die Vorschrift zu seiner Erzeugung folgendermaßen: »Bei jedem Schritt wird aus allen Tetraedern ein Oktaeder mit halber Kantenlänge herausgeschnitten«, stolpert man sogar über platonische Körper. Wählt man die richtige Perspektive, verschwinden die Löcher des Tetraeders und man meint auf eine zusammenhängende Fläche zu schauen. Somit verbindet das Sierpinski-Tetraeder schwebend über der Ausstellung die verschiedenen Bereiche.

Für die Produktion dieses 3140 Gramm leichten Objekts, das von der Aross 3D GmbH für die neue Ausstellung angefertigt wurde, benötigte ein 3D-Drucker ca. 256 Stunden. Die Veranschaulichung besteht aus 4096 Mini-Tetraedern.



Kegelschnitte zum Anfassen, Erkennen und Mitmachen.

Kegelschnittpuzzle

Ellipsen, Kreise, Parabeln und Hyperbeln können wir im Alltag und in Naturphänomenen entdecken, beispielsweise bei Wurf- und Flugbahnen oder bei den Bahnen, die Planeten um die Sonne beschreiben. Auf den ersten Blick erscheinen die Kurven völlig unabhängig voneinander, doch tatsächlich stehen sie über einen Kegel räumlich miteinander in Verbindung.

Ein Kegel kann auf genau drei prinzipiell verschiedene Arten »eben« zerschnitten werden: Wird der Schnitt parallel zum Basiskreis oder leicht dazu geneigt geführt, entstehen geschlossene Kurven – Kreise bzw. Ellipsen. Wird die Schnittneigung so steil, dass sie parallel zu einer Mantellinie des Kegels verläuft, entstehen offene Kurven – Parabeln. Schneidet man noch steiler, entstehen Hyperbeln.

Die Besucherinnen und Besucher können einen senkrechten, in fünf Teile zerschnittenen Kreiskegel wieder zusammensetzen. Die Ränder der Schnittflächen zeigen die möglichen Kegelschnittkurven mit ihren Symmetrien.





Raumfahrt

Lage: Ebene 2

Ausstellungsfläche: 1125 m²

Exponate und Modelle: ca. 290

Demonstrationen und

Interaktiva: 5

Medienstationen: 19

Dioramen: 3

Die Erde zu verlassen und in den Weltraum vorzudringen, ist ein alter Menschheitstraum. Die Weiterentwicklung der Raketentechnik im 20. Jh. machte aus dem Traum Wirklichkeit. Antriebe mit flüssigen Treibstoffen ermöglichten den Bau von Raketen, die Menschen und Material in Erdumlaufbahnen und in den Kosmos transportieren können. Die Ausstellung zeigt die Entwicklung der Raumfahrt von den frühen Ideen und Innovationen bis zur heutigen Bedeutung als zentraler Eckpfeiler im modernen Alltag.



Demonstration zur Satellitensteuerung mit Schwungrädern im Probeaufbau in der Werkstatt.

Schwung für die Raumfahrt

Satelliten brauchen zur Erfüllung ihrer Aufgaben meist eine kontrollierte

Ausrichtung zur Erde. Eine eingebaute Kamera zum Beispiel soll zur Erdoberfläche zeigen und dabei nicht wackeln. Viele Kräfte, darunter der Strahlungsdruck von unserer Sonne, können den Satelliten aus seiner Lage bringen. Hier hilft die stabilisierende Funktion von Schwungrädern. Wir kennen diese Wirkung vom Fahrradfahren. Ein sich drehendes Schwungrad ist bestrebt, seine Lage im Raum beizubehalten.

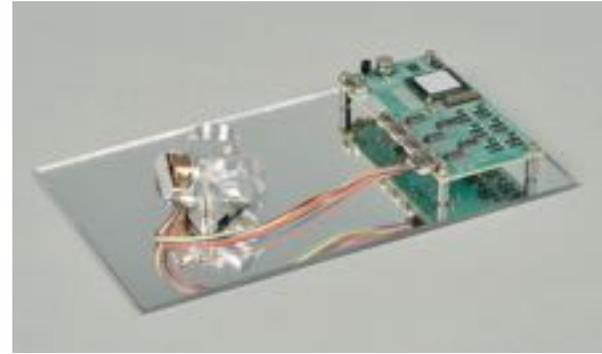
Das Schwungrad kann einen Satelliten aber auch in Drehung versetzen, indem es sein Drehmoment auf den Satellitenkörper überträgt. Je nach Funktion spricht man von Reaktionsschwungrädern, Drallrädern oder Regelmomentkreisel.

Auf der Internationalen Raumstation sorgen mehrere hundert Kilogramm schwere Kreisel dafür, dass die Station während

ihrer Erdumkreisung immer die gleiche Lage zur Erdoberfläche behält. Dagegen wiegt das hier ausgestellte Schwungrad RW1 nur 12 Gramm. Dieses System aus vier elektrisch angetriebenen, kleinen Reaktionsschwungrädern dient zur Lageänderung bei Picosatelliten. Das sind kleine, würfelförmige Satelliten mit nur 10 cm Kantenlänge. Die Schwungräder übertragen beim Einschalten ihr Drehmoment auf den Satelliten. Hier sind die Schwungräder in Tetraeder-Form angeordnet. So lässt sich der Satellit mit entsprechender Steuer-elektronik in jede Richtung drehen. Das vierte Ersatzschwungrad ist nicht sichtbar, da es sich im Inneren des Sockels befindet. Die Miniaturisierung von Lagekorrektursystemen ist eine Voraussetzung für die vielfältige Nutzung kleiner und kleinster Satelliten wie den Picosatelliten.



Schwungrad zur Lagestabilisierung aus dem ersten europäischen geostationären Nachrichtensatelliten Symphonie. Das 6,6 kg schwere Schwungrad erreichte eine Drehzahl von 3000 U/min.



Selbst für kleinste Satelliten gibt es Reaktionsschwungräder. Das System RW1 kann Pico-Satelliten steuern. Das Schwungrad hat nur 2 cm Durchmesser und kann bis 16 000 U/min erreichen. Dabei hat es nur 0,6 W elektrische Leistung.



Demonstration des Rückstoßprinzips bei Raketen. Mit einer Handpumpe wird Luft in eine kleine Rakete gedrückt. Bei einem bestimmten Überdruck entweicht die Pressluft über ein Ventil und die Rakete fliegt nach oben.

Mit dem P111 stieg die Firma Bölkow (später MBB, heute Airbus) in der Nachkriegszeit in die Entwicklung und den Bau von Flüssigkeitstriebwerken ein. Es war das erste Triebwerk nach dem Hochdruck-Hauptstromverfahren, bei dem unter sehr hohem Druck der gesamte Treibstoff in die Brennkammer gelangt. Die Patente von MBB für die Brennkammerbauweise kaufte später die US-Firma Rocketdyne. Sie flossen direkt in die Entwicklung der Hauptantriebe (RS-25) für das US-amerikanische Space Shuttle ein. Das RS-25 Triebwerk dient auch als Hauptantrieb für die neue SLS-Trägerrakete für das US-Mondprogramm Artemis. SLS ist die zur Zeit stärkste Trägerrakete der Welt.

Schub für die Raumfahrt

Um große Lasten von der Erde in den Weltraum zu transportieren, sind Raketentriebwerke nötig. Diese unterscheiden sich grundlegend von den Verbrennungsantrieben aus dem Land-, Luft- und Schiffsverkehr. Nach dem Start von der Erdoberfläche ändern sich die Betriebsbedingungen schon bald dramatisch: Im All herrschen Vakuum, Schwerelosigkeit und eisige Temperaturen. Raketenantriebe erbringen während ihrer kurzen Betriebszeit gewaltige Leistungen.

Gleichzeitig sollen die Antriebe aber auch beherrsch- und steuerbar sein. Triebwerke mit flüssigen Treibstoffen erfüllen diese Bedingungen. Sie verwenden meist superkalten, flüssigen Sauerstoff als Oxidator und stellen höchste Anforderung an Technik und Material. Feststoffraketen, sogenannte Booster, mit meist kurzen Brennzeiten von unter zwei Minuten unterstützen viele Welt-raumträgerraketen in der Startphase.





Kopf und Fuß markieren
Anfang und Ende der
Ausstellung Gesundheit.

Gesundheit

Lage: Ebene 3

Ausstellungsfläche: 800 m²

Objekte: ca. 1070

Demos und Interaktiva: ca. 24

Diorama: 1

Medienstationen: 38

Bereiche: Blick auf den Körper, Auge, Ohr, Zähne, Blick in den Körper, Herz & Kreislauf, Angriff der Keime, Glieder & Gelenke, Eingriff am Menschen und Pharmazie

In der Ausstellung Gesundheit können BesucherInnen sehen und erleben, wie Pharmazie und Medizintechnik uns seit Jahrhunderten helfen, gesund zu werden und gesund zu bleiben.

Wie Robotik in der Kardiologie unterstützen kann

Roboterassistierte Operationsverfahren (Bilder unten) kombinieren das menschliche Urteilsvermögen – und hier ganz besonders die Intuition und Entscheidungsfindung ärztlicher SpezialistInnen – mit technologischer Präzision, Kontrolle und Verfahrensautomatisierung. Ziel ist es, einen langfristigen Behandlungserfolg zu erreichen sowie unterschiedliche Niveaus in der Versorgung, wie z. B. im ländlichen Bereich, auszugleichen.

Die in Zusammenarbeit mit Siemens Healthineers entstandene Installation präsentiert den Aufbau für eine roboterassistierte perkutane Koronarintervention (R-PCI), einen Eingriff der minimal-invasiv über einen Herzkatheter erfolgt. Hierbei wird ein verengtes Herzkranzgefäß mit einem Ballon wiedereröffnet und dann ein Stent eingesetzt, der das Gefäß dauerhaft offenhalten soll, damit das Blut wieder fließen und das Herz mit Sauerstoff versorgen kann. Die Stent-Implantation ist einer der häufigsten Eingriffe in Deutschland. Die Bewegung des Führungsdrahtes im Gefäß und das Setzen des Stents müssen dabei fortlaufend per Röntgenbild kontrolliert werden. Möglich wird dies durch ein roboterassistiertes C-Bogen-Röntgengerät (links), das für den Einsatz in der minimal-invasiven Chirurgie und interventionellen Kardiologie entwickelt wurde.

Einer der Nachteile der Röntgenkontrolle ist jedoch, dass alle Personen am OP-Arbeitsplatz schwere Bleischürzen als Strahlenschutz tragen – dies ist nicht nur körperlich belastend, sondern die Strahlung auch langfristig potenziell schädlich.

Die roboterassistierte Intervention mit dem CorPath GRX System erlaubt dem Operateur, den Eingriff aus einem strahlengeschützten Cockpit oder einem Kontrollraum zu überwachen und zu steuern, während das OP-Team bei den PatientInnen bleibt. Engstellen an den Arterien werden auf großen Monitoren sichtbar. Über Joysticks oder ein Bedienmodul werden Führungskatheter, Führungsdraht und Ballon oder Gefäßstütze



Abbildungen: Deutsches Museum, Hubert Czech / Reinhard Krause / Christian Illing

unter Videokontrolle präzise bewegt und ausgerichtet. Dabei ahmt die R-PCI mit automatisierten Bewegungen die manuellen Techniken hochqualifizierter ÄrztInnen nach. Die Länge der Engstelle wird sub-millimeter genau vermessen, damit die KardiologInnen den geeigneten Stent auswählen und robotergestützt exakt positionieren – selbst bei komplexen Eingriffen am Herzen.



Über einen Herzkatheter platziert ein von Ärzten gesteuerter Roboterarm einen Stent im Herz des Patienten.



Die historische Apotheke mit dem Deckengemälde von Waldemar Kolmsperger hat in der Ausstellung ihren festen Platz.

Pulver, Tinkturen, Pillen und mehr...

Bereits seit 1925 bietet die historische Apotheke im Deutschen Museum einen Blick zurück in die Pharmazie des 18. Jh. – und nun ist sie ein fester Bestandteil der neuen Dauerausstellung Gesundheit. Sie zeigt den Arbeitsplatz des Apothekers, die Offizin, und damit den Ort, an dem damals Arzneimittel zubereitet wurden.

Der Rezepturtisch und die Regalwände der Apotheke wurden 1923 nach Entwürfen des Architekten Franz Zell (1866–1961) für das Deutsche Museum angefertigt und basierend auf historischen Beispielen gestaltet und bemalt. Als Symbol für die Apotheke wurde das Einhorn gewählt, das lange Zeit als All-



heilmittel galt. Die Gefäße in den Regalen der Apotheke und die Werkzeuge auf dem Tisch sind Originale aus dem 17. und 18. Jh. und meist aus deutschen Apotheken.

Das dazugehörige Deckengemälde »Die Heilkunst« stammt vom Kunstmaler Waldemar Kolmsperger (1852–1943) und zeigt als Hauptelemente Asklepios, den Begründer und Gott der Heilkunst und seine Tochter Hygieia, die Göttin der Gesundheit sowie ein Einhorn.

In der Multimediastation zur Apotheke kann man u. a. mehr über Gerätschaften und Gefäße in der Apotheke erfahren und auch die Frage klären, wozu die Apotheker im 18. Jh. Drachmen, Unzen und Skrupel benutzten.



Landwirtschaft und Ernährung

Lage: Ebene 3

Ausstellungsfläche: 982 m²

Exponate und Modelle: ca. 200

Demonstrationen und

Medienstationen: ca. 25,
Großbildprojektion

In den fünf Themenräumen der Ausstellung geht es sowohl um die technischen und naturwissenschaftlichen Entwicklungen in der Landwirtschaft als auch um soziale, wirtschaftliche, ökologische und ethische Aspekte. Die Ausstellung will die gesellschaftlichen Auswirkungen und Konsequenzen der modernen Landwirtschaft mit all ihren Kontroversen darstellen und diskutieren. Das beinhaltet auch das Aufzeigen (noch) nicht gelöster Probleme oder die Konfrontation mit unangenehmen Fakten wie dem Schlachten von Tieren.



Lebensgroßes Modell eines Rindes

Zusammen mit einem Mastschwein, einer Legehennen und einem Schaf steht unser Fleckvieh-Bulle Ramon im Zentrum des Themenraums »Nutztiere«. Fleckvieh-Rinder sind nach den Deutschen Holsteins die zweithäufigste Rinderrasse in Deutschland und eignen sich sowohl für die Milch- wie auch für die Fleischproduktion.

Ramons lebendiges Vorbild ist etwa zwei Jahre alt und wiegt um die 500 bis 700 kg, damit hat er das Gewicht und das Alter erreicht, in dem er geschlachtet wird. Mit seiner »Fleischseite« vermittelt der Mastbulle anschaulich Sinn und Zweck der Nutztierhaltung: Sie beginnt mit dem lebendigen Tier, dessen Zucht und Haltung, und führt z. B. über das Melken oder Schlachten zu den tierischen Nahrungsmitteln, die auf unseren Tellern landen. Weltweit sind Rinder, Schweine, Schafe und Hühner die wichtigsten Nutztiere. Die fast 8 Milliarden Menschen, die heute auf der Erde leben, halten über 30 Milliarden Tiere, um Milch, Fleisch und Eier zu erzeugen. In manchen Ländern dienen beispielsweise Rinder außerdem auch als Zugtiere.

Ökonomisch gesehen spielen Rinder in Deutschland die größte Rolle: Wir halten 12,5 Millionen dieser Tiere, produzieren in der EU am meisten Milch (über 32 Millionen Tonnen pro Jahr) und nach Frankreich am meisten Rindfleisch (über eine Million Tonnen). Mit der wachsenden Nachfrage nach tierischen Produkten ging eine immer effizienter betriebene Tierhaltung

einher: Wir halten heute mehr Tiere in größeren Betrieben und setzen zunehmend mehr Technik ein. Die öffentliche Diskussion über das Thema Tierhaltung ist geprägt von ökonomischen, ökologischen und ethischen Aspekten: Fleisch soll günstig und qualitativ hochwertig sein und dabei aus artgerechter und umweltfreundlicher Haltung stammen. Doch wie können diese Ziele miteinander vereinbart werden? Wichtige Ansätze sind z.B. gesetzliche Maßnahmen zum Wohl der Tiere sowie gut ausgebildete Fachkräfte in der Landwirtschaft. Viele Experten empfehlen außerdem einen bewussten Fleischkonsum, der Mensch, Tier und Umwelt zugute kommt.

Auf einem Podest werden in der Ausstellung die wichtigsten heimischen Nutztiere präsentiert.





Feldroboter BoniRob

Im Themenraum »Landmaschinen« wagen wir mit dem Feldroboter »BoniRob« einen Blick in die Zukunft der Landwirtschaft, in der Roboter immer mehr Aufgaben übernehmen werden.

Mit Hilfe verschiedener Module kann der Feldroboter Saatgut ausbringen, düngen oder Unkraut bekämpfen: Dazu machen zwei Kameras Aufnahmen von Boden und Pflanzen. Eine Software analysiert die Bilder und leitet dann die auszuführenden Arbeitsschritte ein: Enthalten die Blätter der Nutzpflanzen zu wenig Mineralstoffe (und sind daher leicht gelb verfärbt), wird gedüngt.

Erkennt die Software Unkraut, rammt es der Feldroboter mit Metallbolzen in den Boden. Der große Vorteil dabei ist, dass diese mühsame Arbeit nicht mehr von Menschenhand verrichtet werden muss und der Roboter den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erheblich reduzieren kann. Zwar befindet sich der BoniRob derzeit noch im Versuchsstadium, doch könnte er schon bald aktiv zum Umweltschutz in der Landwirtschaft beitragen.

Installation Genbank

Nach Pflanzenfamilien sortiert werden in unserer »Genbank« im Themenraum »Pflanzenbau« 73 verschiedene Pflanzensamen aufbewahrt. Die Samenproben stammen alle aus dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben, Deutschlands größter Genbank für Kulturpflanzen.

Dort sind mehr als 151 000 Proben von Nutz- oder Zierpflanzen aus fast 3000 verschiedenen Pflanzenarten eingelagert. Die Samen werden dort konstant auf -18°C gekühlt, damit sie ihre Keimfähigkeit über mehrere Jahrzehnte hinweg bewahren.

Genbanken wurden weltweit eingerichtet, als man in den 1940er Jahren feststellte, dass die Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis dazu führten, dass nur noch wenige, sehr ertragreiche und widerstandsfähige Kulturpflanzensorten angebaut wurden. Dadurch lässt sich zwar mehr Nahrung für die wachsende Weltbevölkerung produzieren, die genetische Vielfalt der angebauten Nutzpflanzen nimmt jedoch dramatisch ab. Aufgabe von Genbanken ist es deshalb,



möglichst viele verschiedenartige Kulturpflanzensorten für die Zukunft zu bewahren und Sammlungsmuster für die Forschung und die Pflanzenzüchtung zur Verfügung zu stellen.

Ein Sicherheits-Backup für schlechte Zeiten bietet ein Bunker auf Spitzbergen in der Arktis: Hier werden Samenproben-Duplikate aus fast allen internationalen Genbanken aufbewahrt, natürlich auch aus Gatersleben.

Sonderausstellung im Deutschen Museum Nürnberg bis 18. Juni 2023

Prototypen: Einen Versuch ist es wert



Der BeTriton (links), eine wilde Mischung aus Fahrrad, Boot und Camper wie auch das Flugtaxi PopUpNext (unten) sind eindrucksvolle Beispiele von Prototypen.



Sie kann aber auch selbst als Prototyp aufgefasst werden, mit welchem das Museum Fragen nach der Ausstellbarkeit von Zukunftsthemen bearbeitet. Die neue Fläche lädt dazu ein, verschiedene Ausstellungsstandards zu hinterfragen und neue Ideen auszuprobieren. Daher werden bisherige Standards der Dauerausstellung zugunsten neuer prototypischer Formate aufgegeben.

Zu den gezeigten Exponaten zählt etwa der BeTriton, eine einzigartige Kombination aus Fahrrad, Boot und Camper. Dieses Ausstellungsstück erzählt die komplette Geschichte von einer Idee über verschiedene Prototypen bis hin zu einem vermarktbar Produkt und gibt damit einen Überblick über die verschiedenen Stadien des Prozesses. Anhand verschiedener weiterer Objekte behandelt die Ausstellung den Prototyping-Prozess. Wie und mit welchem Ziel entstehen Prototypen? Was bedeutet es, wenn man während des Prototypings auf Hindernisse stößt und vielleicht sogar erkennen muss, dass die eigene Idee doch nicht so brillant war? Und ist Scheitern wirklich immer eine Schande?

In offenen Werkstätten und sogenannten Makerspaces, aber auch hinter verschlossenen Türen in Wohnzimmern, Kellern und Garagen entstehen Prototypen. Und zwar immer dann, wenn Ideen nicht in Köpfen bleiben, sondern ihren Weg in die Außenwelt finden. Prototypen sind die Schnittstelle zwischen Gegenwart und Zukunft. Sie lassen uns heute erleben, was morgen sein könnte.

Das Zukunftsmuseum verdeutlicht in der Dauerausstellung verschiedene Zukunftsszenarien anhand von Prototypen. Daher liegt es nahe, sich in einer Wechselausstellung mit der Frage zu beschäftigen, was Prototypen eigentlich sind und wie sie entstehen. Technologien wie 3D-Druck machen es möglich, schnell und kostengünstig funktionale Prototypen zu erstellen. Die Ausstellung macht Mut, inspiriert und motiviert, selbst aktiv zu werden und die eigenen Zukunftsvorstellungen in die Welt zu tragen.

»Die Annäherung an dieses vielschichtige Ausstellungsthema war für uns durchaus herausfordernd«, findet Dagny Müller, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Deutschen Museum Nürnberg und Kuratorin der Sonderausstellung. »Und zwar nicht, weil es so schwierig wäre, an geeignete Exponate zu kommen, sondern weil die Festlegung auf einige wenige Stücke uns so schwergefallen ist.« In Müllers Fokus habe gestanden, möglichst alle Aspekte des Prototypings auf den rund 120 Quadratmetern der Sonderfläche zu vereinen. »Mittendrin ist uns aufgefallen, dass auch unsere Schau nichts anderes ist, als ein Prototyp für Sonderausstellungen im Zukunftsmuseum«, resümiert Müller.

Auch für Sven Klomp von Impuls-Design, der externen Gestaltungsagentur, die die Ideen in die greifbare dritte Dimension gebracht hat, war diese Aufgabe herausfordernd: »Uns wurde deutlich, dass Prototypen viele Versuche brauchen. Dies wollten wir darstellen. Schnell war mir klar, dass ich mit starken Farben

arbeiten will: Cyan, Gelb, Magenta, aus denen dann in Überlappung das ganze Farbenspektrum gebildet werden kann. Außerdem setzte Klomp die Schau als großen »Makerspace« um: »Um die Prozesshaftigkeit darzustellen, haben wir uns für ein Element entschieden, welches einerseits in der Höhe variiert und andererseits in Kombination mit anderen Elementen verschiedene räumliche Situationen kreieren kann.« Ein Scherenhubpodest ist das zentrale Gestaltungselement und steht symbolhaft für die Fertigung von Produkten. Mit diesem werden die unterschiedlichen Funktionen und Spielweisen dieser Ausstellung erzählt.

»Die Prototypenschau war von Anfang an eine Herzensangelegenheit von mir«, erläutert Marion Grether, Direktorin des Deutschen Museums Nürnberg. »Bereits in der Analyse und bei der permanenten Überarbeitung unserer Dauerausstellung stoßen wir immer wieder auf die immense Bedeutung von Prototypen und Prototyping, weswegen eine Sonderschau zu diesem Thema mit einem starken Fokus auf ein lebendiges Rahmenprogramm in die Dauerausstellung, aber auch in die offene Welt, ein konsequenter Schritt ist«, so Grether weiter. Keine Zukunftsgestaltung ohne Prototypen – »Da ist es doch eigentlich klar, dass wir Prototyping einfach lieben!«

Da ein Museum nur einen begrenzten Einblick in ein komplexes Thema wie Prototyping geben kann, gibt es ein umfangreiches Rahmenprogramm, bei dem Exkursionen zu externen Makerspaces ebenso auf dem Programm stehen wie besondere Vorträge und Mitmachaktionen.

Auch das kann Prototyping sein: eine mysteriöse Kugel, deren genaue Aufgabe man beim Besuch der Ausstellung erst herausfinden muss, oder ein ganz einfacher Life-Hack aus Zahnbürste und Trinkhalm.



Neu erschienen Wandkalender »Das Bergwerk«



Das Bergwerk des Deutschen Museums ist legendär und war über Jahrzehnte hinweg eine seiner beliebtesten Ausstellungen. 1925 ersonnen, erstreckte es sich über eine Fläche von rund 3500 Quadratmetern und über drei Sohlen (Etagen), die über Treppen und Stiegen miteinander verbunden waren. Besucherinnen und Besucher folgten einem 500 Meter langen Rundweg und stiegen dabei hinab in bis zu 1100 Zentimeter »Teufe«. Mehr als drei Viertel der Fläche waren als Anschauungsbergwerk ausgebaut, das realistisch die teilweise bedrückende und enge Atmosphäre unter Tage vermittelte. Die Felsen im Bergwerk mögen zwar Nachbauten aus Drahtgeflecht und Gips sein, doch beeindruckende Beispiele bergmännischer Technik vor Ort, vom 16. bis 20. Jahrhundert, erweckten die Schaukulisse zum Leben.

Seit dem 29. Juni 2022 ist diese Ikone, die erst seit Kurzem unter Denkmalschutz steht, geschlossen. Denn die Generalsanierung des Museums – und dabei vor allem der Brandschutz – verlangt, dass im Zuge des zweiten Bauabschnitts auch das Bergwerk mitsamt seinen Kulissen und den rund 5000 Exponaten ausgebaut wird. Die Fotos in diesem Kalender sollen der einmaligen Ausstellung nun erst einmal ein würdiges Denkmal setzen. Der Kalender wurde durch die freundliche Unterstützung des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum ermöglicht und kann online sowie vor Ort im Museumsshop gekauft werden. Weitere Informationen zum Bergwerk und seiner Zukunft erhalten Sie unter www.deutsches-museum.de/bergwerk.

Das Bergwerk, Wandkalender 2023

2022 Deutsches Museum

14 Seiten, ISBN 978-3-948808-15-0

Buchhandelspreis 12,50 Euro



Wird Kryptowährung bald das uns bekannte Geld ersetzen?

Geld bewegt die Welt

Schon die alten Ägypter nutzten Edelmetalle als Zahlungsmittel. Erste Münzen gab es etwa ab 700 v. Chr. in Kleinasien. Im niederbayerischen Manching fanden Archäologen in den 2000er Jahren einen Schatz keltischer Goldmünzen – der Ende November 2022 auf mysteriöse Weise aus dem Museum entwendet wurde. Geld – egal ob real oder virtuell – hat seit jeher die Phantasien beflügelt und dabei auch fragwürdige Talente befördert: Kunstmaler, die ihren Lebensunterhalt als subtile Geldfälscher verdienten oder gar Diebe und Räuber, die Geldboten überfielen oder Postzüge ausraubten. Die Autorinnen und Autoren unserer Ausgabe 1/2023 erzählen über die Geschichte dieses weltweiten Zahlungsmittels, sie sind kriminellen Geldfälschern auf der Spur, fragen nach modernen Methoden des Gelddrucks und erklären, wie Kryptowährung funktioniert.



Goldmünzen aus der Zeit der Kelten.

Impressum

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

46. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl
Museumsinsel 1, 80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

Gesamtleitung: Dr. Kathrin Mönch (Deutsches Museum)
Dr. Stefan Bollmann (Verlag C.H.Beck, verantwortw.)

Redaktionsleitung: Sabrina Landes | publishNET,
Redaktion: Dr. Hannah Schnorbusch
Grafik: Birgit Schwintek; redaktion@publishnet.org

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München, Telefon (089) 381 89-0, Telefax (089) 381 89-398, www.chbeck.de

Redaktioneller Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Automation), Gerrit Faust (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), Dr. Kathrin Mönch (Deutsches Museum Verlagsleitung), Dr. Rudolf Seising (Forschungsinstitut) Dr. Christian Sicka (Kurator Astronomie, Planetarium, Atomphysik, Zeitmessung)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck oHG

Anzeigen: Bertram Mehling (verantwortw.), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigenabteilung, Wilhelmstr. 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München; Disposition, Herstellung, Anzeigen, technische Daten: Telefon (089) 381 89-609, Telefax (089) 381 89-589. Zurzeit gilt Anzeigenpreislise Nr. 38.

Repro: Rehmbrand Medienservice GmbH, Hauptstraße 1, 82008 Unterhaching

Druck, Bindung und Versand: Holzmann Druck GmbH & Co. KG, Gewerbestraße 2, 86825 Bad Wörishofen

Bezugspreis 2022: Jährlich 29,- Euro
Einzelheft 8,90 Euro, jeweils zuzüglich Versandkosten

Weitere Informationen: Deutsches Museum, Mitgliederservice, Museumsinsel 1, 80538 München, Telefon (089) 21 79-310, mitgliederinfo@deutsches-museum.de, www.deutsches-museum.de/mitgliederservice

Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 39 3406

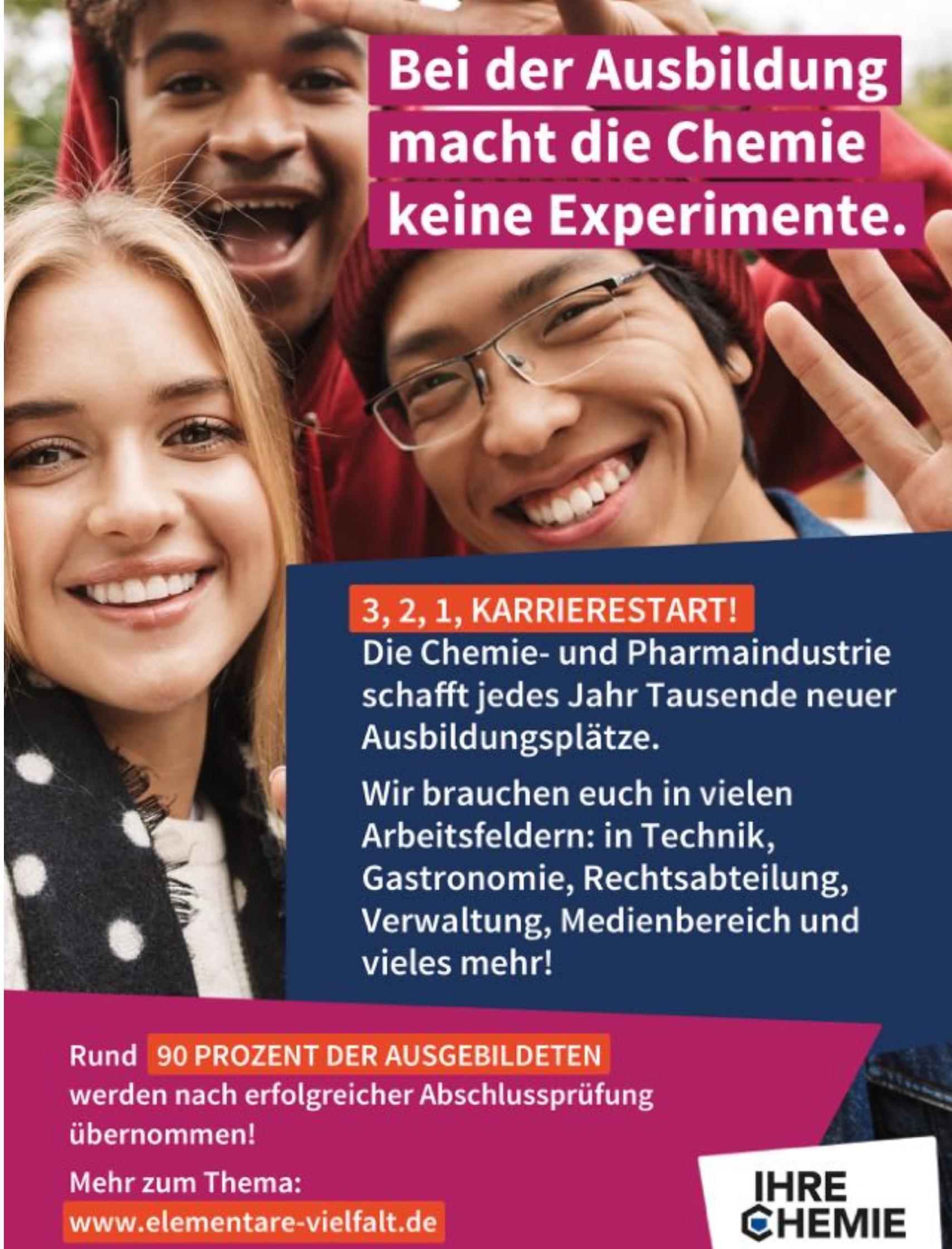
Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhandlung und beim Verlag. Abbestellungen mindestens sechs Wochen vor Jahresende beim Verlag.

Abo-Service: Telefon (089) 3 81 89-750
Fax (089) 3 81 89-402, E-Mail: kundenservice@beck.de

Die Zeitschrift erscheint vier Mal im Jahr. Sie und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente. Die Redaktion behält sich vor, eingereichte Manuskripte zu prüfen und ggf. abzulehnen. Ein Recht auf Abdruck besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN 0344-5690

 klimaneutral produziert
www.chbeck.de/nachhaltig



**Bei der Ausbildung
macht die Chemie
keine Experimente.**

3, 2, 1, KARRIERESTART!

Die Chemie- und Pharmaindustrie schafft jedes Jahr Tausende neuer Ausbildungsplätze.

Wir brauchen euch in vielen Arbeitsfeldern: in Technik, Gastronomie, Rechtsabteilung, Verwaltung, Medienbereich und vieles mehr!

Rund **90 PROZENT DER AUSGEBILDETEN** werden nach erfolgreicher Abschlussprüfung übernommen!

Mehr zum Thema:

www.elementare-vielfalt.de

**IHRE
CHEMIE**

STUDIO43

LEBENSRAUM KÜCHE



**VOLLER
IDEEN UND
LEIDENSCHAFT
FÜR IHREN
TRAUM**

STUDIO43 GmbH

089 / 890 577 45

info@kuechenstudio43.de

kuechenstudio43.de

Rempp
KÜCHEN

**DORN
BRACHT**

ZÜG
Schweizer Perfektion für zuhause

Miele
IMMER BESSER

next125

berbel

LACANCHE
Parma 1888