



reisswolf

3/23

WARR: Raketentest in Portugal
TUM.Additive
Messebesuch auf der Formnext
Redox-Flow-Energiespeicher
Ein Leitfaden zu Dankbarkeit

EDITORIAL

Neu es Semester, neues Glück, neuer Reisswolf! Kaum hat die Vorlesungszeit begonnen, ist unser fleißiges Redaktionsteam schon wieder bereit für eine neue Ausgabe, inklusive Wolf! Mit neuer Leitung und spannenden Inhalten starten wir ohne Umwege ins Wintersemester.

Starten? – das war auch der Plan des WARR-Rocketry-Teams dieses Jahr in Portugal. Was daraus geworden ist? Das lernt ihr in einem Artikel der WARR. Neu in dieser Ausgabe: eine Serie, in der verschiedene additive Fertigungsverfahren und -maschinen vorgestellt werden. Den Start macht der Lehrstuhl für Carbon Composites mit dem Automated Fiber Placement. Passend dazu: Marcus war auf der Formnext und berichtet von Innovationen im Bereich der Additiven Fertigung, die auf der Messe vorgestellt wurden. Gleich im Anschluss dazu gibt euch Andi einen kleinen Einblick in die Welt der Redox-Flow-Energiespeicher und ihre Potenziale und Fortschritte. Als Abwechslung von den vielen technischen Artikeln gibt euch Emma J. einen Leitfaden für Dankbarkeit an die Hand, um dem einen oder anderen den Studienalltag zu versüßen. Wie bereits angekündigt gibt es als Schmankerl wieder eine Ausgabe unseres Satire-Formats, den Wolf. Wie immer gilt: Nicht zu ernst nehmen!

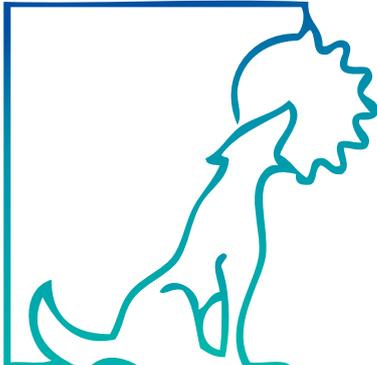


Hiermit wünscht das Redaktionsteam euch allen ein erfolgreiches Semester und viel Freude mit der ersten Ausgabe des Reisswolfs des Winters.

Eure Redaktionsleitung

Felix & Emma
reisswolf@fsmb-tum.de

INHALT



IMPRESSUM

5.11.2023

V.I.S.D.P.

Emma Steinmann
Fachschaft Maschinenbau
Technische Universität München
85748 Garching b. München
089/289-15045
reisswolf@fsmb-tum.de
reisswolf.fsmb.de
www.fsmb.de/reisswolf

REDAKTION UND ERSTELLUNG

Paul Bachmann, Andreas Blum, Ethel Dominguez,
Marcus Dürr, Felix Fröhlich, Greta Giacomelli,
Pedram Golestani, Emma Jung, Elene Mamaladze,
Benno Raupach, Olga Rybak, Stefan Schärtinger,
Emma Steinmann, Jing Wang

TITELBLATT

WAAM-gefertigter Druckbehälter von MX3D auf der
Formnext
Copyright: Mesago / Mathias Kutt

AUFLAGE

400

DRUCK

Studiendruck der Fachschaft Maschinenbau e.V.

Mit Namen gekennzeichnete Artikel geben nicht die
Meinung der Redaktion, sondern die der Verfasserin
wieder. Die Redaktion behält sich vor, gegebenenfalls
Kürzungen an den Beiträgen vorzunehmen.

Fachschaft

Fachschaft Kompakt..... 4

Campus

WARR: Raketentest in Portugal 7

der tu film 9

TUM.Additive: Automated

Fiber Placement..... 10

Messen und Exkursionen

Schichtarbeit auf der Formnext..... 14

Nachgefragt

Redox-Flow-Energiespeicher 20

Nachgedacht

Ein Leitfaden für Dankbarkeit..... 23



FACHSCHAFT KOMPAKT

Neues aus der FSMB



Fachschaft
Maschinenbau

Instagram:
@fsmb_tum
Website:
www.fsmb.de

Leitung

Liebe Kommiliton*innen,

Das neue Semester ist in vollem Gange und wir hoffen, ihr habt alle gut (zurück) ins Unileben gefunden – vor allem wenn es euer erstes Semester ist. Der Uni-Alltag kann am Anfang manchmal überwältigend sein, also zögert nicht auf die Fachschaft zuzukommen, wenn es mal Probleme gibt. Wir helfen gerne!

Die Veranstaltungen zum Semesteranfang sind langsam abgeschlossen, aber es steht bereits wieder vieles an: Die esp-Planung läuft auf Hochtouren, die neuen Teamleitungen und Team-Mitglieder werden eingearbeitet, und bald findet auch schon wieder unser allsemestriges Fachschaftsseminar statt.

An den ersten Lebkuchen und Glühweinflaschen in den Supermärkten merkt man, dass so langsam die Adventszeit beginnt. Wir freuen uns auf das Glühnix-Festival, das wegen den neuen Hörsälen vorm MW dieses Jahr vors Mathe-/Informatik-Gebäude umzieht (11.-13. Dezember).

Wir hoffen, ihr könnt die Zeit trotz losgehendem Unistress genießen und wünschen euch ein schönes Wintersemester 2023/24!

Eure Fachschaftsleitung
Henri und Paul

Team für internationale Studierende

Neues Semester, neue Internationals, neue Buddys. Wie jedes Semester steht unser Team internationalen Studierenden mit Rat und Tat zur Seite und organisiert außerdem ein Buddy Programm, das sie mit Buddies, die bereits an der TUM studieren, verknüpft. Für dieses Wintersemester haben uns über 230 Anmeldungen für

unser Buddy Programm erreicht. Da 70% davon jedoch einen Buddy suchten, konnten wir leider zum ersten Mal nicht allen Angemeldeten einen zur Seite stellen – auch wenn einige schon zwei oder drei Gaststudierende betreuen. Trotzdem dürfen sie natürlich alle weiterhin an unseren zahlreichen Events teilnehmen.

Mit diesen sind wir auch schon gestartet. Erste Begegnungen fanden bei den zwei Stammtischen am Wochenende vor dem Semesterstart statt. Nicht lange danach folgte das Welcome-Event, bei dem wir einen schönen Abend mit viel Austausch, ein paar Spielen sowie Getränken und Brezen zusammen verbracht haben.

Über das Semester haben wir noch einige weitere geplant, um hier nur ein paar zu nennen:

Wandern, Filmabend, Stammtische, Museumsbesuch, Plätzchenbacken, Weihnachtsmarkt, ...

Du würdest gerne selbst am Buddy Programm teilnehmen? Oder dich im Team engagieren und mithelfen, großartige Events auf die Beine zu stellen? Dann komm doch einfach in der Fachschaft vorbei oder schreib uns direkt eine E-Mail: international@fsmb-tum.de

Euer Team für internationale Studierende

Team für Hochschulpolitik

Vielen Dank für eure Teilnahme an der Umfrage bei der Fachschaftsvollversammlung des WS 23/24! Euer Feedback wird in der kommenden Woche bei der Verwaltung vorgestellt, damit wir uns dann um die Umsetzung der Vorschläge kümmern können.

Weiterhin steht in unserem Team die Aufgabenverteilung für das Wintersemester an.

Wir werden euch zum einen in den diversen Qualitätszirkeln vertreten, um für die bestmöglichen Studienbedingungen zu sorgen.

Zum anderen wäre es fantastisch, wenn ihr die Prüfungsevaluationen aller eurer Klausuren des vergangenen Sommersemesters ausfüllen könnt. Falls es bei Prüfungen Probleme gegeben haben



sollte, können wir durch mehr Umfrageergebnisse im Bachelor- bzw. im Master-Prüfungsausschuss auf solche Angelegenheiten bessere Aufmerksamkeit schaffen.

Im Verlauf des Semesters werden wir zudem die Studienzuschüsse verteilen, um somit die Lehre durch mehr Tutorien, Hochschulpraktika etc. zu verbessern.

Falls ihr Interesse an den oben genannten Punkten habt, oder gar selber Tätig werden wollt, meldet euch gerne bei hochschulpolitik@fsmb-tum.de oder indem ihr direkt in die Fachschaft kommt!

Euer Team für Hochschulpolitik

Team für Information und PR

Unsere Aufgabe ist, euch Studierende über Neuigkeiten und Interessantes zu informieren. Dafür halten wir die Plakatwände in der Magistrale, die Stellenausschreibungen sowie die anderen Pinnwände neben der Fachschaft aktuell und versorgen euch auf unserer Instagram-Seite (@fsmb_tum) mit den digitalen Pendanten.

Wie jedes Wintersemester wurden wir auch dieses Semester über unsere E-Mail Adresse info@fsmb-tum.de mit Fragen rund ums Studium und darüber hinaus gelöchert. Diese beantworten wir gerne so schnell wie möglich mit bestem Wissen und Gewissen, oder leiten diese sonst weiter. Falls eure Frage nach mehreren Wochen nicht beantwortet wurde, schickt uns gerne einen Reminder, oder kommt am besten direkt in die Fachschaft.

Weitere Projekte für dieses Wintersemester sind:

Weihnachtsgeschenke

Wie jedes Jahr wollen wir zu Weihnachten einer Reihe an Menschen ein kleines Geschenk überreichen, um uns für die Zusammenarbeit mit der Fachschaft zu bedanken.

Plakatrichtlinien

Ein altes neues Projekt ist die Überarbeitung der Richtlinien für die Aushänge und Plakate in der Magistrale. Diese sollen erstmals konkretisiert und ausformuliert werden, um für Klarheit zu sorgen, was ausgehängt wird und was nicht zulässig ist. Bis jetzt sind diese auch nur intern bekannt, sollen aber auch nach außen kommuniziert werden, damit Werbetreibende auch darüber informiert sind.

Euer Team für Information und PR

Skriptenteam

Eure Skriptenfamilie ist ein weiteres Semesters da, um euch zu unterstützen!

Wer das Skriptenteam nicht kennt, muss nur wissen, dass wir uns um den Druck von allen Uni-bezogenen Materialien kümmern: Reisswölfe, Plakate, Abschlussarbeiten, und natürlich Skripten. In unserer Druckerei im Untergeschoss des MW-Gebäudes haben wir alles nötiges, um alle Papiere für unsere Studis zu drucken. Etwas näher an der Sonne im Hof 0 befindet sich unser Skriptenverkaufsfenster, wo ihr an den folgenden wöchentlichen Verkaufsterminen alle eure Skripte kaufen könnt:

Dienstag 13:00 bis 14:00

Mittwoch 14:45 bis 15:45

Donnerstag 9:00 bis 10:00

Wenn ihr ein Skript des Hauptstudiums sucht und sichergehen wollt, dass euer Skript noch da ist, könnt ihr sogar einen Reservierungswunsch erstellen. Dafür müsst ihr nur unserer Webpage auf fsmb.de/skriptenverkauf besuchen.

Außerdem drucken wir alle eure Abschlussarbeiten zu Studi-Preise. Ihr könnt uns gerne unter druckvorlagen@fsmb-tum.de kontaktieren.

Liebe Grüße
Eure Skriptenfamilie

Veranstaltungsteam

Grüß euch! Wir von den Veranstaltern wirken in überraschend vielen Teilbereichen eures Lebens mit, auch wenn ihr das auf den ersten Blick vielleicht noch gar nicht so merkt. Aber zuerst ein kleiner Crashkurs zu den auffälligen Dingen eures (Studierenden-)Lebens in diesem Winter:

I Die Tanzabende

Der Tanzabend ist für sämtliche Angehörige der TUM und zudem offen und kostenlos. Ihr müsst weder in Abendgarderobe erscheinen noch die absoluten Tanzprofis sein. Für Anfänger gibt es zu Beginn einen kleinen Tanzkurs. Die erfahreneren Tänzer können da ja schonmal eine Runde drehen ;)

II Das Pokerturnier, das Schafkopfturnier

Für alle Zocker unter euch wird es auch in diesem Semester ein Pokerturnier in der Campus Cneipe (C2) geben. Falls ihr Bock habt, als Dealer aufzutreten, oder euch darum zu kümmern, dass auch alle viel Spaß haben, meldet euch bei uns ;)



Uuuuund, ganz ähnlich, aber doch anders, dürfen alle fleißigen Kopfler auch zum Turnier antreten! Möge das bessere Blatt gewinnen.

III Der Weihnachtsbaum

Oh Tannenbaum, oh Tannenbaum... Für die weihnachtliche Vorfreude stellen wir im Hof 0 bei der Bibliothekstreppe einen Weihnachtsbaum für euch auf.

IV Die esp

Shiny! Die Erstsemesterparty solltet ihr auf keinen Fall verpassen, denn wann habt ihr schonmal die Gelegenheit, eure Alma Mater in buntes Licht gehüllt und mit neuer innenarchitektonischer Einrichtung und Bars zu erleben? Wenn ihr selbst mitgestalten wollt, was dort alles passiert, meldet euch!

V Das GLÜHNIX

Was wäre ein Weihnachten ohne einen Weihnachtsmarkt? Kurz vor Weihnachten gibt es drei Tage lang die Möglichkeit, das Mensaessen durch köstlichen Flammkuchen und Crepes sowie das Feierabendbier durch leckeren Glühwein einzutauschen. Kommt vorbei!

VI Die Ausleihe

Ihr habt einen Teil bestimmt schon kennengelernt: Verzweifelt auf der Suche nach einem Taschenrechner, einem Adapter oder einem Messschieber irrt ihr durch die Fakultät... und findet schließlich zwei große Flügeltüren mit einer blauen Theke. Erleichterung durchströmt euch und, ja, tatsächlich, als letzter Rettungsanker wird euch das sehnlichst benötigte Utensil überreicht. Wir haben natürlich auch Sportgeräte und allerlei anderes. Manchmal sind wir selbst überrascht, was wir so alles finden... ;)

Falls wir euch Lust gemacht haben, kommt auf einen Kaffee vorbei, oder wir sehen uns bei der ein oder anderen Veranstaltung!

Euer Veranstaltungsteam

IT

Langsam aber sicher ist die Zielgerade unserer IT-Umstellung erreicht. Es fehlen noch ein paar Komponenten, aber das Ziel ist in Sicht. Wenn wir dann endlich fertig sind, werden wir eine neue, zukunftsfähige und schnelle Infrastruktur haben. Falls du Lust hast, bei uns mitzuhelfen, kannst du uns jederzeit gerne unter admin@fsmb-tum.de erreichen.

Eure IT



RAKETENTEST IN PORTUGAL



WARR
Rocketry

Instagram:

@warr.rocketry

Website:

www.warr.de

Studententeams europäischer Universitäten hatten dieses Jahr zum dritten Mal die Möglichkeit, auf dem Militärgelände Santa Margarida, Portugal, zu zeigen, wie viel Innovation sie zur Raumfahrttechnik beitragen können. WARR Rocketry war diesmal zum ersten Mal dabei – und zeigte auch, was ihr Projekt Nixus drauf hat.

Die biliquide kryogene EX4 – Rakete ist das erste studentisch entwickelte Flight Vehicle ihrer Art in Europa. Das regenerativ gekühlte Triebwerk, die lasttragende CFK-Außenhaut und der selbst entwickelte Flugcomputer waren nur einige der Aspekte, wegen welcher das Projekt den New Space Award gewonnen hat: „Für das beste Design, [...], deren Ausführung eine außerordentliche Herausforderung war, die sogar über reine Raketentechnik hinausgehen könnte, um besonderes Augenmerk auf die Innovation der Wissenschaft zu legen“.

Die enorme Bedeutung dieser Auszeichnung ließ sich in den übergelücklichen Gesichtern des Teams sehen, als es am letzten Tag des Wettbewerbes auf die Bühne strömte, um den Award abzuholen – denn leider ist wegen schlechten Wetters und mangelnder Zeit der Start selbst nicht gelungen. Zwar zündete die Pyrotechnik, jedoch reichte die Zeit während des letzten Start-Zeitfensters nicht aus, um das System auf LOX-taugliche Temperatur herunterzukühlen, was für eine stabile



Olga
Rybalt



Greta
Giacomelli

[Portugal, 15. Oktober 2023] -

Die Spannung war in der Luft spürbar wie die Kälte des gerade nachlassenden Regens, als das WARR-Team bei der diesjährigen European Rocketry Challenge auf dem Startplatz die letzten Vorbereitungen am Launch Vehicle unternahm.

Nach den zahlreichen Aufschiebungen des Raketenstarts aufgrund des schlechten Wetters war es endlich Zeit: „Sie haben zwei Minuten bis zum Start“, sagte Jacob, der Sicherheitsmanager. Die Zuschauer und der Control Room hielten gleichermaßen den Atem an: „Pressurization? Go. Safety? Go.“ In dieser erregenden Stille konnte man nahezu den Herzschlag der einzelnen Control Room Operators hören. „Ten, nine, eight, ...“, als die metallische Stimme des Ansagers den Countdown durch das Mikrofon verkündete, waren die Zuschauer wie hypnotisiert. „Seven, six, five, four, ...“, alle Blicke waren auf die massive Abschussrampe gerichtet. „Three, two, one, ignition!“



Verbrennung unerlässlich ist. Die Entscheidung, trotzdem die Launch-Sequenz zu initiieren, war aber nötig, um zu beweisen, dass WARR Rocketry es eigentlich alles kann.

Diesen Beweis hat das Team Nixus über die letzten drei Jahre wieder und wieder erbracht: Bei den ausgeklügelten Design-Entscheidungen, welche zum Großteil selbst entwickelte Komponenten erforderten. Bei der Fertigung von Komponenten, bei denen professionelle Firmen den Kopf geschüttelt haben. Bei den Tests des Antriebssystems hier in Garching, den schlaflosen Nächten und eiskalten Testtagen. Es war von Zielsetzung an klar, dass diese Rakete eine Herausforderung wird – und dieser stellt sich das Team weiterhin. Die Startkampagne in Portugal hat gezeigt, wie knapp das Projekt davor ist, endgültig zu zeigen, wofür der ganze Aufwand gemacht wird.

EuRoC hat aber Projekt Nixus nicht nur hinsichtlich eigener Erfahrungen mit dem System bereichert – auch Teamkompetenz wurde im Endspurt bewiesen, und nicht zuletzt der Austausch mit anderen Studenten aus ganz Europa, die schlussendlich dasselbe Ziel verfolgen: Raketentechnik selbst zu bauen, und der Raumfahrt immer näher zu kommen. Startmöglichkeiten für studentische Teams sind kein Alltag, und es ist allen bewusst, wie wichtig diese wenigen Tage sind. Austausch und Hilfsbereitschaft standen an erster Stelle – hier wurde ein Pipe Fitting abgegeben, da eine Fräse ausgeliehen.... Die Challenge ist nicht, gegen die anderen den Wettbewerb zu gewinnen; man ringt gegen die Zeit, die Umgebungsbedingungen und alle anderen unerwarteten Schwierigkeiten, um die eigene Rakete zu starten. Und unabhängig vom Endergebnis ist das, was man in diesen Tagen lernt, unbezahlbar und unvergesslich. ☀





der tu film

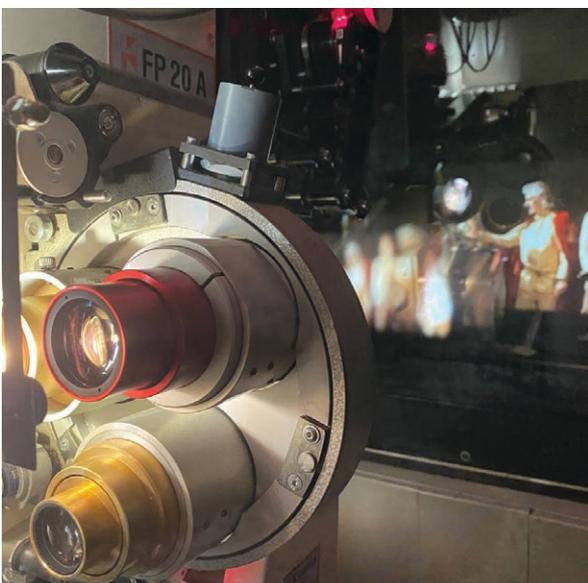


Instagram:
@dertuilm
Website:
www.tu-film.de

Hallo und herzlich willkommen an der TUM, lieber Ersti (oder willkommen zurück an alle anderen).

Bald ist es wieder so weit: Die ersten Wochen mit all den Einführungsveranstaltungen und Partys sind vorüber und der Herbst schlägt zu. Es wird kalt und regnerisch – das perfekte Kinowetter. Doch normales Kino? Nicht gerade billig und einen Film kann man sich auch zu Hause auf dem Sofa reinziehen.

Wir, das tu film-Team, bieten dir die perfekte Alternative: Zu studentenfreundlichen Preisen (3 Euro) zeigen wir jeden Dienstag in der Innenstadt und jeden Donnerstag auf dem Garching Campus um 20:00 Uhr sowohl aktuelle Blockbuster als auch kultige Klassiker. Von Blockbustern wie „Barbie“ und „Oppenheimer“ über deutsche Filme wie „Sonne und Beton“, sowie Klassikern wie „Spiel



mir das Lied vom Tod“ bis hin zu „Fluch der Karibik“. Dieses Wintersemester dürfte alle Filmvorlieben abdecken.

Auch die Locations sind besonders: Wir verwandeln sowohl den altherwürdigen Hörsaal 1200 am Stammgelände der TUM als auch den Hörsaal MW 1801 in der Fakultät für Maschinenwesen am Garching Campus in Kinosäle mit modernster Projektions- und Tontechnik (wie es sich eben für eine technische Uni gehört). Und natürlich halten wir auch immer ein kühles Bierchen und Snacks für dich bereit. Zudem hast du die Möglichkeit, selbst Verpflegung mitzubringen – egal ob Pizza oder Wein, alles außer Pistazien und sperrigen Gegenständen wie Bierkästen, ist erlaubt.

Doch das Allerbeste an den Vorstellungen ist immer die unvergleichliche Stimmung. Jubel, Kommentare, Kostüme, anerkennende Pfiffe, lautes Lachen, Gesangseinlagen bei bekannten Liedern. In kaum einem anderen Kino werden die Filme so vom Publikum miterlebt und gefeiert wie im tu film.

Mach dir am besten selbst ein Bild davon und besuch uns! Schnapp dir deine Freunde, holt euch im Online-Vorverkauf auf unserer Website oder an der Abendkasse ab ca. 19:15 Uhr Tickets und genießt den Abend!

Mehr Infos und das aktuelle Programm findest du unter: www.tu-film.de

Wir freuen uns auf dich!

☀ Dein tu film



BEYOND 3D PRINTING: EXPLORING THE POTENTIAL OF AUTOMATED FIBER PLACEMENT

A new era of Additive Manufacturing concepts for high-performance parts

TUM.Additive

By now, everyone is familiar with Fused Filament Fabrication (FFF) printing and many also have an Fused Filament (FF) printer at home. But what else is and can Additive Manufacturing actually do?

Fabian Diemar at the Chair of Carbon Composites (LCC) at the TUM School of Engineering and Design heads the topic field for Automated Fiber Placement (AFP) at the Technical University of Munich. Fabian and his group of researchers focus on the advancement of AFP technologies for manufacturing state-of-the-art lightweight components made of continuous fiber reinforced thermoplastics (CFRP) contributing towards sustainability by reducing carbon footprint and energy consumption.



AFPT machine at LCC (Image courtesy: LCC)

AUTOMATED FIBER PLACEMENT

Automated Fiber Placement is a cutting-edge AM technology that has revolutionized the production of composite materials, particularly in the aerospace industry.

“Decoding AFP: How does it work?”

AFP is a highly automated manufacturing technology that utilizes industrial robots to place composite prepreg slit tapes onto molds. The process involves shaping the raw material, which consists of carbon fibers embedded in a thermoset or thermoplastic matrix. The robot-mounted placement head lays the material layer by layer according to the desired fiber direction, creating strong and lightweight composite components. An autoclave curing process is required for certain materials, whereas for Automated Fiber Placement using in-situ consolidation with thermoplastic (TP) tapes, the layers are fused together during placement, eliminating the need for subsequent post-curing procedures.



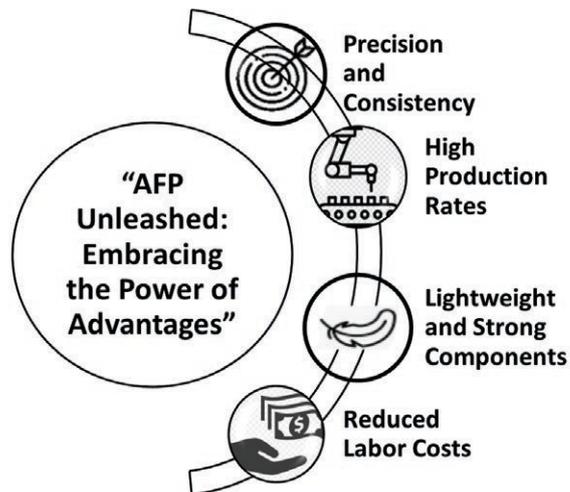
“AFP vs. Traditional Manufacturing”

AFP technology enables the accurate placement of fibers layer by layer, ensuring consistent fiber orientation and minimal material wastage.

The robotic system allows for complex geometries, making it ideal for aerospace components, turbine blades and pressure vessels.

Composites produced using AFP have excellent strength-to-weight ratios, and eliminate the need for manual labour, reducing production costs, and the potential for human errors.

AFP allows designers to tailor the orientation of fibers to suit specific load requirements, resulting in optimized composite structures with enhanced mechanical properties.

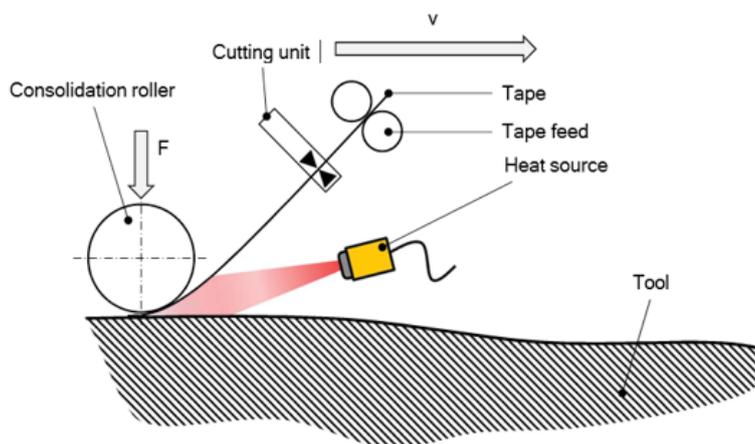
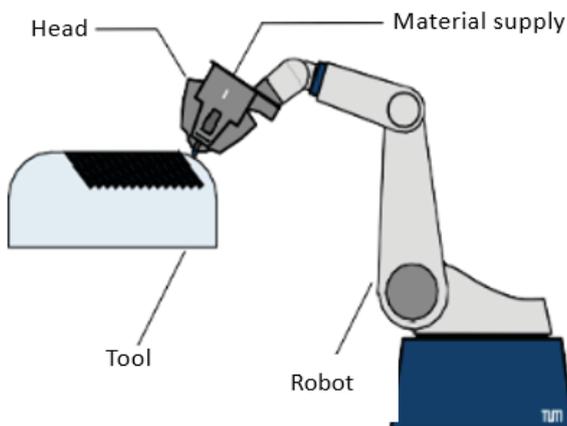


Components Manufactured by AFP at LCC: From Pressure Vessels to Rocket Fairings

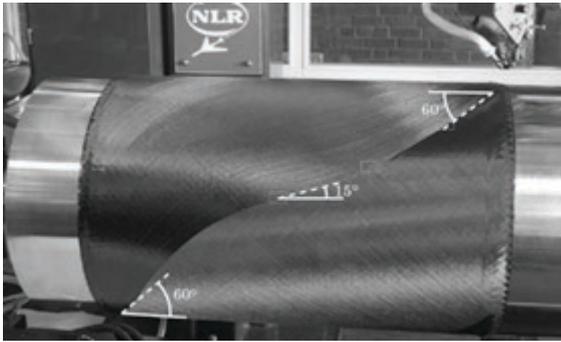
AFP is used to produce a wide array of components, such as aircraft wings, fuselage sections, helicopter blades, rocket fairings, pressure vessels, and automotive parts. Its ability to create complex shapes and optimize fiber orientation makes it ideal for critical and lightweight structures. At LCC, our researchers are actively engaged in the advancement of aerospace applications through the development of door frames utilizing sandwich structures, fabrication of intricate three-dimensional components and are committed to the ongoing enhancement of pressure vessels for the promotion of sustainable aviation.



Typical fiber placement (Image courtesy: Premium Aerotec GmbH)



AFP Principle (Image courtesy: LCC)



Steered fibers on cylinder optimized for bending loads (Image courtesy: L.D. Bloom 2010)

Significance of Fiber Orientation in AFP

Fiber orientation plays a crucial role in determining the mechanical properties of composite materials. AFP allows precise control over fiber orientation, enabling engineers to tailor composite components for specific load requirements. Proper fiber alignment enhances the strength and stiffness of the final product, making it essential in aerospace and other high-performance applications.

How do winding process patterns affect AFP manufacturing?

Winding process patterns dictate the path of the AFP head as it places the fibers onto the mold. The patterns can be optimized to minimize gaps, overlaps, and weak spots in the composite structure, ensuring uniform distribution of fibers for enhanced strength.

Diverse Materials in AFP: Beyond Carbon Fibers

AFP is compatible with various composite materials, including carbon fibers, glass fibers, aramid fibers, and hybrids. These materials offer a range of mechanical properties, thermal resistance, and cost factors, allowing manufacturers to choose the most suitable material for a particular application.

„Breaking Boundaries, their Research Ventures into Four Thriving Techno-Realms!“

Energy-Efficient Process Routes

The team is dedicated to reducing the manufacturing processes' energy consumption and carbon footprint. They explore alternative manufacturing technologies to avoid energy-intensive autoclave curing methods commonly used in thermoset AFP. Sustainability is a key focus, and the team is working on adapting processes to optimize energy efficiency.

Material Characterization

In this field, the researchers investigate material properties related to AFP. They study the prepreg material, cured material, and process parameters using different test benches. Understanding material behavior is crucial for ensuring the quality and performance of AFP-produced components.

Digitalization and Automation

The team is developing frameworks for online process monitoring, integrating sensors to monitor the AFP process and product quality. Artificial Intelligence (AI) plays a significant role in detecting defects and anomalies, and ensuring the quality of the final product.

Hybrid Structures and 3D Printing Integration

Researchers are exploring the combination of 3D printing and AFP technologies, aiming to leverage the advantages of both methods. Hybrid structures offer enhanced performance and increased design flexibility making them suitable for various applications.

Advancements in AFP Technology Unleash

Digitalization and AI Integration

Implementing AI-based quality inspection systems to automatically detect defects and ensure consistent product quality.

Readiness Level for Thermoplastic AFP

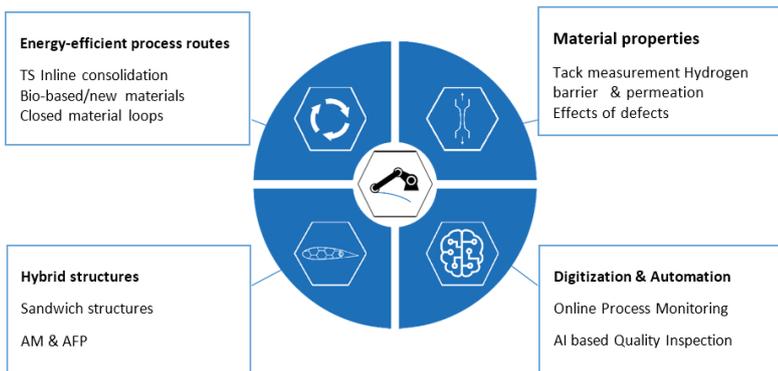
Advancing the readiness level of thermoplastic AFP to make it more viable for industrial applications.

Modular Tool Integration

Developing modular robot heads to combine different manufacturing technologies, enabling more efficient and cost-effective processes.

Diversification of AFP Applications

Exploring new markets outside of aerospace, such as sports products, automotive, and agricultural machinery, to increase the application scope of AFP.





Challenges in AFP

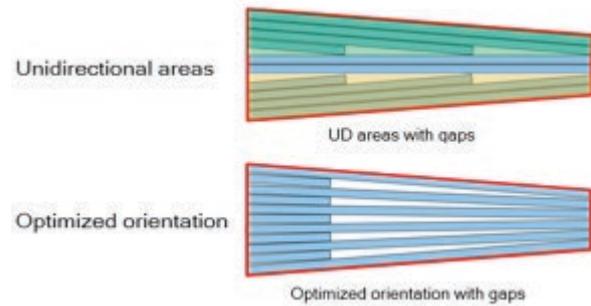
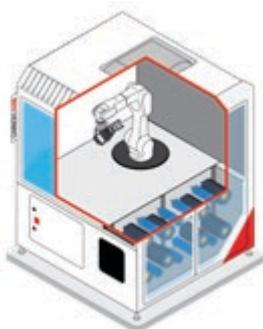
- ◆ Programming and layup design is complex.
- ◆ Path planning: Appearance of lay-up defects due to non-geodetic curves. Defects like gaps and overlaps are intrinsic to complex parts.
- ◆ High raw material quality is needed (expensive material).
- ◆ Exact control of the tack is essential.
- ◆ Process development: interaction of process parameters, material properties, and lay-up quality.

DID YOU KNOW ? THE DYNAMIC LINK BETWEEN FPP AND AFP

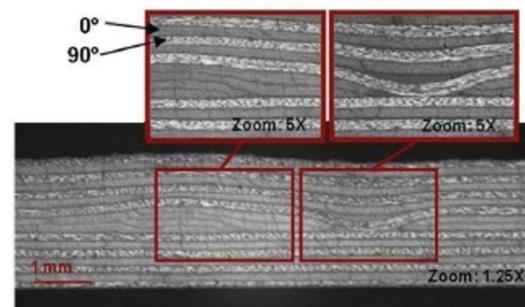
Fiber Patch Placement (FPP) and **Automated Fiber Placement (AFP)** form a formidable duo in the world of advanced composite manufacturing. FPP delicately places pre-cut fiber patches, while AFP ensures a continuous fiber architecture with robotic precision. Together, they optimize strength and performance, opening new possibilities for engineering excellence.

„Stepping Up the Game: Introducing AFP’s Formidable Manufacturing Adversary“

In composite manufacturing, each manufacturing technology is tailored for a specific purpose or sector. In the realm of wing covers, concepts are being explored to produce wings through Resin Transfer Molding (RTM), where the dry fiber is positioned in the mold, the mold is closed, and resin is injected into it. AFP faces competition from RTM as the main contender in this case. ⚙️



Optimized orientation with gaps (Image courtesy: LCC)



Micrographic study of laminate for defects (Image courtesy: Croft et al 2011)

Sources

Croft et al 2011: Kaven Croft, Larry Lessard, Damiano Pasini, Mehdi Hojjati, Jihua Chen, Ali Yousefpour, *Experimental study of the effect of automated fiber placement induced defects on performance of composite laminates*, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 42, Issue 5, 2011, Pages 484-491, ISSN 1359-835X, <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.01.007>.



SCHICHTARBEIT AUF DER FORMNEXT



Marcus
Dürr

Vom 7. bis zum 10. November 2023 fand in Frankfurt am Main in den Hallen 11 und 12 die Formnext statt, eine der, wenn nicht die, weltweit größte Messe für additive Fertigung.

Raketentriebwerke scheinen in der additiven Fertigung gerade DAS heiße Ding zu sein: Gefühl jeder zweite oder dritte Stand hat einen Raketentriebwerk ausgestellt. Das hängt einerseits mit dem allgemeinen Weltraumhype zusammen, aber auch mit den neuen Fertigungsmöglichkeiten, die die additive Fertigung bietet: Kanäle für flüssigen Sauerstoff und Treibstoff können entlang des Motors geführt werden, die konventionell so nicht zu produzieren wären. Damit können die auf 80 K gekühlten Flüssigkeiten auf die benötigte Betriebstemperatur zur Verbrennung gebracht werden. Die NASA hat dafür vor wenigen Jahren die Kupferlegierung GRCop-42 vorgestellt, die sich gut additiv fertigen lässt und den hohen Anforderungen eines Raketentriebwerks gerecht wird.

Ebenfalls beliebte Exponate sind Schweißroboter zur Fertigung von Schiffsschrauben. Sogar ganze Formel 1-Autos sind öfters zu sehen. Eindeutig sind die Firmen hier sehr stolz, in der Königsklasse mitmischen zu dürfen. Additive Industries ist Partner von Alfa Romeo, 3D Systems kooperiert mit Alpine und Zeiss ist Lieferant für Williams.

Das Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen (LKR), das zum AIT Austrian Institute of Technology gehört, entwickelt Kombinationen von Fertigungsverfahren, dies wird am Beispiel eines Elektromotors vorgestellt. Dabei wird das Gehäuse aus Aluminium gegossen. Damit die Kupferspulen flüssig gekühlt werden können, liegt über ihnen ein Kühlkanal. Da dieser aufgrund seiner Form nicht gegossen werden kann, wird der „Deckel“

nach dem Gießschritt mit dem WAAM-Verfahren geschlossen. Beim WAAM-Verfahren (Wire Arc Additive Manufacturing) werden Metallteile durch das schichtweise Auftragen von Schweißdraht mithilfe eines Lichtbogens gefertigt. So können große Bauteile schnell gebaut werden.

Ein anderes Forschungsprojekt des LKR ist das WAAM mit Aluminium 2024 für Versteifungen von Bauteilen in der Luftfahrtindustrie. Dort ist Aluminium 2024 aufgrund seiner hohen Bruchzähigkeit ein beliebter Werkstoff. Da er heißrissegefährdet ist, wird er jedoch nicht als Schweißdraht hergestellt. Zum Einsatz kommen deswegen meistens AlSi-Schweißdrähte oder Aluminium 2319-Schweißdraht. Aufgrund der verschiedenen Legierungszusammensetzungen und damit Schmelztemperaturen von Grundwerkstoff und Schweißdraht entstehen beim Schweißen jedoch Seigerungen, an denen wiederum auch Risse gebildet werden können. Deswegen untersucht das LKR die Rissentstehung beim Schweißen von Alu-



Raketentriebwerk aus Kupfer von Linde



minium 2024-Drähten auf Aluminium 2024-Substratplatten unter dem Hochtemperaturmikroskop. Bauteile aus einem einzigen Werkstoff lassen sich besser wärmebehandeln. Außerdem ist die Zulassung von Bauteilen, die aus einem einzigen Werkstoff bestehen, leichter als wenn es zwei oder mehr Werkstoffe wären. Das LKR kann seine eigenen Materialien herstellen, deswegen wurde Aluminium 2024-Draht hergestellt. Außerdem wird der Einfluss von unterschiedlichen Fertigungsparametern untersucht.

Neben Aluminium forscht das LKR mit Magnesium und Titan, und auch wenn der Name es nicht sofort verrät, an den Schwermetallen Kupfer, Stahl und Inconel.



Gegossener E-Motor aus Aluminium mit WAAM-gefertigter Decke

Wen das zu stark an eine Werkstoffkunde-Vorlesung erinnert hat, wird vielleicht beim nächsten Stand glücklicher: Constructions 3D beschäftigt sich mit der additiven Fertigung im Bausektor. Der Messestand der Firma aus Valenciennes, Frankreich ist schon von weitem sichtbar, dank des Maxi-3D-Druckers. Dieser mobile 3D-Drucker baut gesamte Häuser, indem er Betonschicht auf Betonschicht ablegt. Der Beton ist jedoch kein handelsüblicher Beton, sondern eine Mörtel-ähnliche Speziallösung. Er enthält weniger Kies, damit er schneller aushärtet und Zement wurde teilweise durch Ton ersetzt, dies ist umweltfreundlicher. Dazu können während des Fertigungsprozesses noch Bewehrungsstäbe eingelegt werden oder Glaskugeln, um den Bau kugelsicher zu ma-

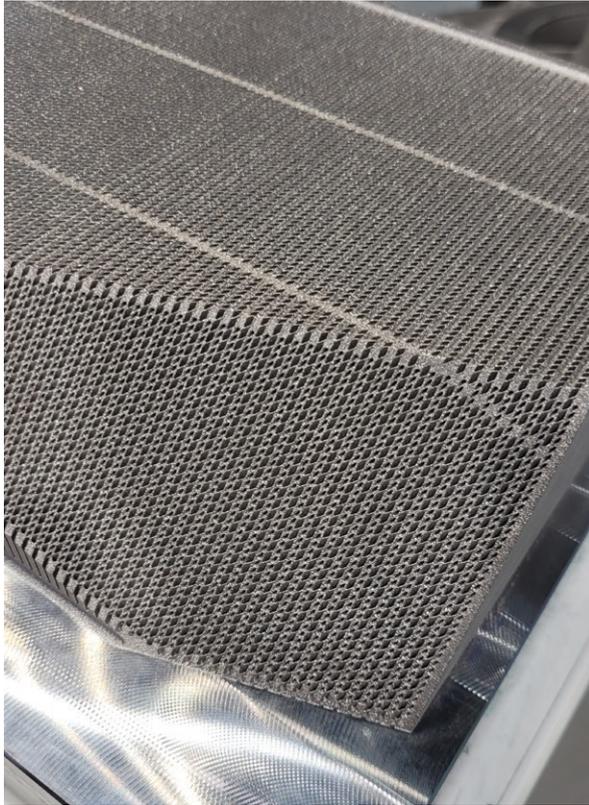
chen. Die Schichten sind je nach Material sechs bis acht Zentimeter hoch. Am Ende lässt sich der Drucker kompakt zusammenfalten und kann durch die Tür des frisch gedruckten Gebäudes wieder herausfahren.

Ebenfalls aus dem Bausektor ist das Projekt I AM MSHRM des Danish AM Hub. Dabei ist ein modularer Rahmen aus rPLA, einem recycelten Kunststoff, additiv gefertigt worden. Die Wände selbst bestehen aus einem Pilz-Myzel, der innerhalb von 20 Tagen wächst. Das modulare Konzept wurde schon auf der International Architectural Expo 2023 in Kopenhagen „in echt“ gezeigt. Dennoch wird es noch weiterentwickelt. Es ist in erster Linie ein Projekt, um der Bauindustrie zu zeigen, dass neben Holz und Beton auch andere Materialien zum Einsatz kommen können.

GE Additive ist ein Big Player der additiven Fertigung und hat sich einen entsprechend großen Stand gegönnt. Als Exponat ist unter anderem ein mit dem pulverbettbasierten Schmelzen von Metallen mittels Laserstrahl (PBF-LB/M) gefertigter Wärmetauscher für die Luftfahrtindustrie zu sehen. Aufgrund des komplexen Aufbaus des Teils würde die Berechnung der Wege, den die Laserstrahle beim Schmelzen der Pulverpartikel abfahren würden, mit konventionellen AM-Programmen 1,5 Jahre dauern! Mit GE Additives Software geht dies 50-mal schneller. Der Wärmetauscher ist übrigens nur ein Dummy. Die Luftfahrtindustrie hat es nämlich nicht so gerne, wenn man das Innenleben ihrer Bauteile auf Messen sehen kann.



Betondrucker. Copyright: Mesago / Mathias Kutt



Wärmetauscher von GE Additive

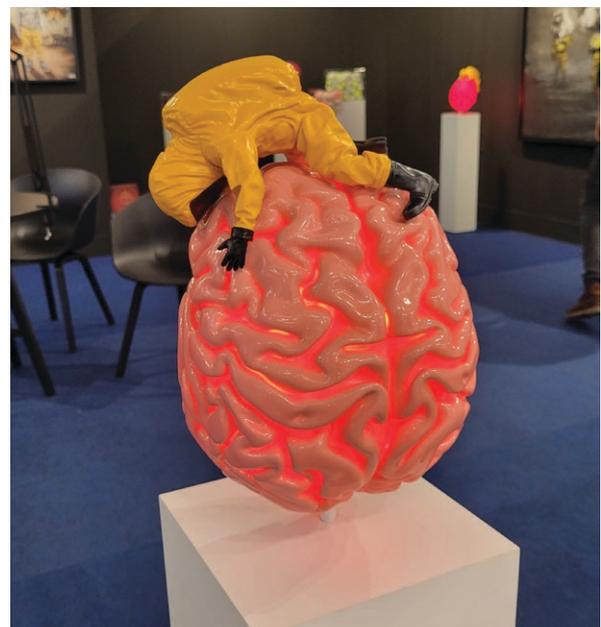
Die Series 3 ist GE Additives neuestes Binder Jetting System. Bei Binder Jetting wird Bindemittel tropfenförmig auf ein Pulverbett aufgetragen, um die Pulverpartikel miteinander zu verbinden. Das kann man sich wie bei einem normalen Tintenstrahldrucker vorstellen. Danach wird das Pulverbett abgesenkt, eine neue Schicht Pulver wird aufgetragen und es geht wieder von vorne los. Wenn der sogenannte Grünling fertig ist, wird er entpulvert. Das Bindemittel wird entfernt und das Bauteil wird im Ofen gesintert. Binder Jetting ist ein schneller und günstiger Fertigungsprozess mit hohen Stückzahlen: Das Pulver ist 80 % günstiger als pulverbettbasiertes Schmelzen und 100-mal schneller.

Dank des von GE Additive dafür entwickeltem Bindemittel haben die Grünlinge eine besonders hohe Festigkeit, dies erleichtert das Handling von schweren Teilen und verhindert, dass sie unter ihrem eigenen Gewicht zerbrechen. Die Series 3 ist ein vollständig automatisiertes, modular aufgebautes System. So können sich mehrere Drucker, eine Material Handling Station oder Liquid Handling Station teilen. Die Drucker haben einen Bau- raum 500 mm x 500 mm x 500 mm. Die Schichtdicke beträgt 100 μm und die Porosität 0,1 bis 0,2 %. Dank der hauseigenen Software wird der gesamte Prozess simuliert und thermische Verformungen beim Sintern können schon beim Auslegen berücksichtigt werden.

Beim pulverbettbasierten Schmelzen von Metallen mittels Elektronenstrahl-Verfahren (PBF-EB/M) arbeitet GE Additive am point melting. Anstatt, dass der Elektronenstrahl eine Bahn abfährt und so das Pulver zum Schmelzen bringt, wird das Pulver punktwise geschmolzen. So kann die Wärmeentwicklung besser kontrolliert werden und Bauteile mit großen Überhängen können ohne Stützstrukturen gebaut werden. Auch steigt die Oberflächenqualität, was wiederum die Nachbearbeitungsanforderungen senkt. Nachbearbeitung ist bei additiver Fertigung ein wichtiges Thema, deswegen waren auch viele Aussteller aus diesem Bereich auf der Messe vertreten.

So zum Beispiel das Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Es ist aus Berlin mit mehreren anderen Forschungseinrichtungen angereist, die als Teil des Innovationsnetzwerks AMBER, Additive Manufacturing Berlin Brandenburg, gemeinsam auftreten. Das IPK ist in der Fertigung verankert und kümmert es sich daher um die Nachbearbeitung von AM-Teilen, dies wird am Beispiel von spiegelblanken Kieferimplantaten gezeigt. Das Ziel ist eine teilautomatisierte Nachbearbeitung von komplexen Bauteilen bei einer Losgröße von 1 zu ermöglichen. Ein anderer Forschungsbereich sind additiv gefertigte Permanentmagneten des Rotors für E-Motoren aus Neodym-Eisen-Bor mit dem Cold Spray Verfahren. Dabei wird pulverförmiges Material mit hoher Geschwindigkeit auf eine Substratoberfläche gesprüht. Durch den Aufprall der Partikel entsteht eine haftende Beschichtung ohne Wärmebeanspruchung des Materials.

Das Gegenstück, der Stator, wird vom Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin entwickelt. Das Cold Spray Verfahren erlaubt es, besonders große



SUTOSUTO



DIMENSION DIVER, SUTOSUTO

schen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Wem die vielen filigranen additiv gefertigten Exponate auf der Messe nicht künstlerisch genug vorkommen wird beim Stand von SUTOSUTO, einem Künstlerpaar aus Hamburg, fündig. Ob leuchtende Hirne aus transparentem Harz oder schwerelos in den Boden rauschender Astronaut:in, hier wird alles per Materialextusion gedruckt. Die Schutzanzüge weisen auf eine durch eine Umweltkatastrophe hervorgerufene Dystopie hin, außerdem verschwinden Gesicht und Geschlecht hinter dem Visier. Die Banane ist ein symbolisches (und tatsächliches) durchindustrialisiertes Produkt und wurde durch Andy Warhol ein etabliertes Objekt in der Kunst.

Weiter geht es zu einem Stand einer großen Münchner Universität: TUM.additive! TUM.additive besteht aus den verschiedenen Instituten und Lehrstühlen, die sich mit additiver Fertigung befassen. Das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) zeigt eine etwa 50 cm lange Turbine als Demonstrator für Prozesse, die beherrscht und erforscht werden: Die Titanstützen wurden mit WAAM gebaut, die

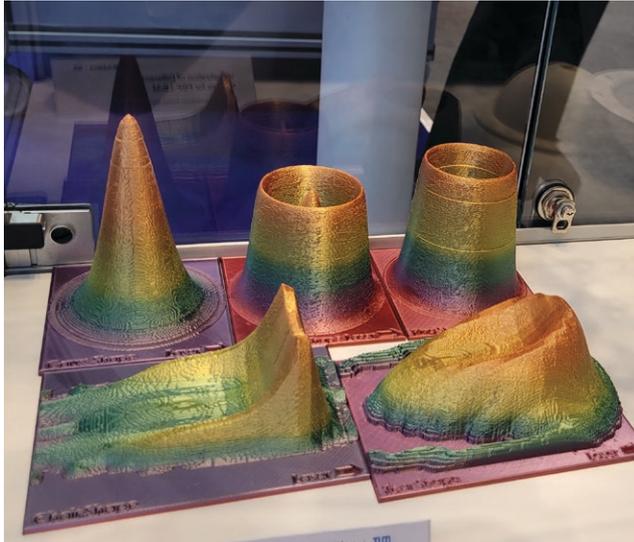
Werkstücke zu fertigen. So werden in Kooperation mit Siemens Hochspannungsmotoren mit einem Durchmesser von drei bis fünf Meter entwickelt. Verfahren wie das Pulverbettsschmelzen sind dafür einfach zu klein.

Ebenfalls aus Berlin ist die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Sie stellt QI-Digital, ein Datenmanagement-System, vor. Die AM-Prozesskette generiert eine hohe Menge an Daten, oft auch in verschiedenen Dateiformaten. Das Dateinetzwerk wird aus den BAM-internen Prozessdaten generiert und interessierten Firmen zur Verfügung gestellt. Es ist eine Kooperation zwischen der BAM, dem Deutschen Institut für Normung, der Deutschen Akkreditierungsstelle, der Deut-

Prozesse, die beherrscht und erforscht werden: Die Titanstützen wurden mit WAAM gebaut, die



Turbine des iwb



Laserstrahlformen, InShaPe-Projekt, Ibam

Mauer in der Mitte besteht aus mehreren rührreibgeschweißten Schichten. Auch das PBF-LB/M und Binder Jetting sind zum Einsatz gekommen. Die Werkstoffe sind Aluminium, Inconel, Stahl und Titan. Teilweise ist der Inconel schwarz gefärbt: während der Wärmebehandlung ist Kohlenstoff reindiffundiert.

Der Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) zeigt das Liquid Metal Jetting mit Aluminium, Kupfer oder Silber: Dabei werden Metalltropfen selektiv abgesetzt, um schichtweise das Bauteil zu bauen. Wegen der Tropfen ist die Schichtdicke ziemlich hoch, entsprechend grob ist das Teil auch. Aber Draht ist günstig und das Verfahren hat eine hohe Aufbaurate.

Für den kleinen Hunger zwischendurch druckt Venturilabs Schokostücke mit dem 3D-Drucker.

Etwas farbenfroher zeigt sich die Professur für Laser-based Additive Manufacturing (Ibam). Diese koordiniert das EU-Forschungsprojekt InShaPe: mit zehn Projektpartnern aus ganz Europa wird an der Form des Laserstrahls beim PBF-LB/M geforscht. Ziel ist eine schnellere Fertigungsrate, ein günstigerer Prozess und weniger Ausschuss. Natürlich sind die verschiedenen Strahlformen als bunte Anschauungsobjekte 3D-gedruckt.

Ebenfalls aus München ist ein weiterer Marktführer in der additiven Fertigung: EOS. Auch hier entspricht die Standgröße der Marktrelevanz und den zahlreichen Produkten.

Im Consumer-Bereich wird ein Prototyp eines luftlosen Basketballs gezeigt. Dabei wurde nur die gitterartige Schale aus Kunststoff gesintert und geglättet. So schnell wird sich der Ball jedoch nicht im nächsten Sportgeschäft finden können, da es sich um eine Machbarkeitsstudie ist. Aber ein bisschen dribbeln auf der Messe ist trotzdem möglich. Ebenfalls für den Endbenutzer gedacht zeigt EOS, wie dank des pulverbettbasierten Schmelzens von Kunststoffen mittels Laserstrahl (PBF-LB/P) die Einlagen zur Stoßdämpfung eines Eishockeyhelms individuell auf den Kopf der Spieler:innen abgestimmt werden kann.

EOS forscht zurzeit im Bereich der fine detail resolution (FDR) auf der Formiga P110, dies ist auch eine PBF-LB/P-Maschine. Statt des üblichen CO₂-Lasers kommt hingegen ein CO-Laser zum Einsatz. Dieser erlaubt es, sehr dünne Schichtdicken zu erreichen: 0,22 mm in xy-Richtung, und 0,14 mm in z-Richtung. Ziel ist es, Bauteile mit einer hohen Auflösung bei gleichzeitig hoher Festigkeit zu fertigen (letztere sinkt meistens bei hoher Detailgenauigkeit).

Ein anderes Thema ist Nachhaltigkeit. EOS arbeitet am Auffrischen, also an der Wiederverwendung, von nicht gesinterten oder geschmolzenen Pulverpartikeln. EOS bietet auch mehrere Materialien als Carbon-reduced Variante an, der Polyamid PA 1101 ist sogar Kohlenstoff-neutral erhältlich. Außerdem wird ein Kunststoffpulver entwickelt, das, anstatt auf Erdöl zu basieren, aus Ricinus-Samen hergestellt wird.



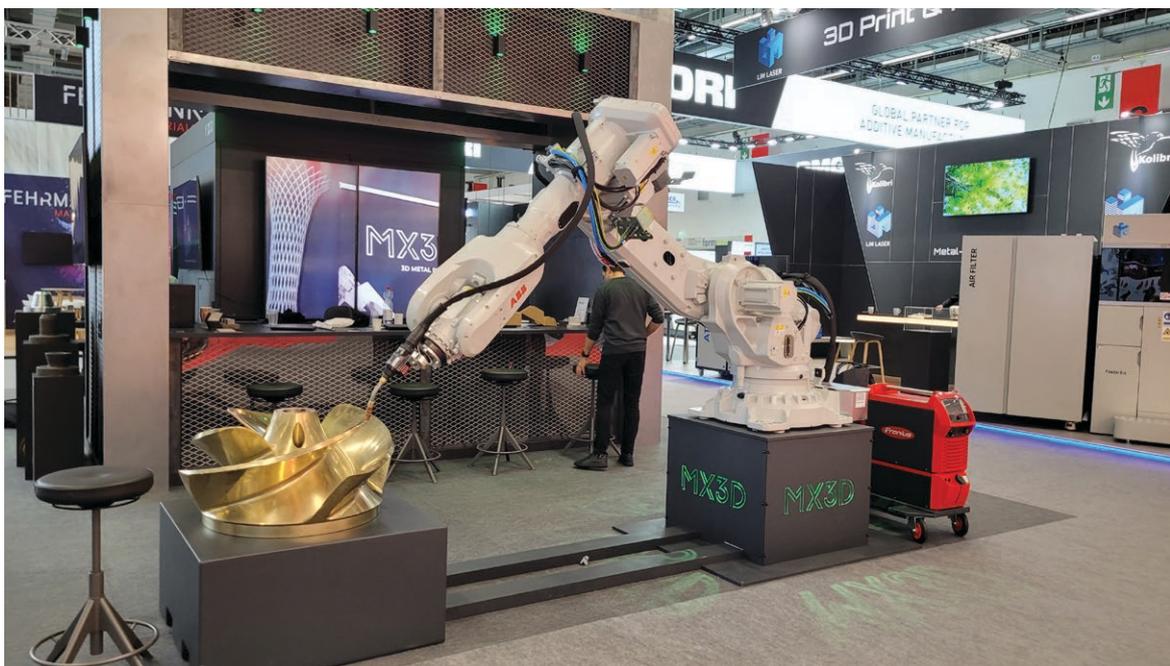
Fine Detail Resolution Carpet, EOS



Linde Gas ist gleich zweimal auf der Messe vertreten: einmal in der Rolle, in der man die Firma kennt: als Gaslieferant für die gesamte Prozesskette der additiven Fertigung, insbesondere beim pulverbettbasierten Schmelzen von Metallen und beim Binder Jetting. Vor allem Argon wird bei der Pulverherstellung eingesetzt, indem es auf von oben fließendem Metall geschossen wird. Das Metall wird so in kleinste Pulverpartikel zerstäubt. Das Gas wird erhitzt für eine bessere Verteilung der Partikelgröße. Außerdem arbeitet Linde an einem Testbench um den Einfluss der Gasschlieren am Austritt der Düse auf die Pulver analysieren zu können.

Darüber hinaus ist Linde auch selbst ein Pulverhersteller für die additive Fertigung, jedoch erst seit 2018, als die beiden Gasriesen Linde und Praxair aus Nordamerika fusionierten. Praxair hatte eine Tochterfirma, Praxair Surface Technologies, sie heißt seitdem Linde AMT (Advanced Material Technologies). Letztere war und ist im Bereich der thermischen Beschichtungen tätig. Dabei werden aus einer Brennkammer Partikel zum Abrasions- und Korrosionsschutz auf ein Werkstück geschossen. Dies erfordert eine große Menge Gas, was wiederum genau der Geschäftsbereich der Konzernmutter ist (Andersrum ist es von Vorteil, wenn der Eigentümer eines Großabnehmers ist!). Deswegen hatte Linde AMT, neben Karbiden und Oxiden, praktischerweise viele der in der additiven Fertigung eingesetzten Werkstoffe in Pulverform schon auf Lager, als der AM-Boom begann. Am meisten verkauft Linde AMT Nickellegierungen aufgrund ihrer Hochtemperaturresistenz. Auch Kupfer ist stark nachgefragt, dies insbesondere wegen der schon angesprochenen Raketenmotoren.

Lithoz, eine 12 Jahre alte Ausgründung der Technischen Universität Wien, entwickelt 3D-Drucker für keramische Bauteile. Dabei wird eine mit keramischen Partikeln beladene Flüssigkeit, der Schlicker, schichtweise durch selektive Belichtung verfestigt. Anschließend wird der Grünling aus dem flüssigen Schlicker entfernt, entbunden und gesintert. Auf der Messe zeigt Lithoz unter anderem ihr neuestes Produkt: der Multimaterial-Drucker CeraFab 2M30, der mehrere Werkstoffe wie Metall und Keramik oder Polymer und Keramik verbinden kann. ⚙️





REDOX-FLOW-ENERGIE-SPEICHER: FORTSCHRITTE UND POTENZIALE



Andreas Blum

Redox-Flow-Batterien (RFB) haben sich als bedeutende Kandidaten für eine nachhaltige Energiespeicherung etabliert. Sie bieten eine hervorragende Skalierbarkeit, moderate Wartungskosten und eine lange Lebensdauer.

Eine RFB besteht im Wesentlichen aus drei Hauptkomponenten: Energiespeichertanks, Stapel von elektrochemischen Zellen und dem Durchflusssystem. Abb. 1 zeigt eine typische Redox-Flow-Batterie – die Vanadium-Redox-Flow-Batterie.

Vanadium-Redox-Flow-Batterie (VRFB)

Die populärste RFB ist die VRFB. Eine der größten VRF-Anlagen wurde im Jahr 2019 in Pfinztal am Fraunhofer ICT in Betrieb genommen und weist eine Leistung von 2 MW und eine Kapazität von 20 MWh auf. Die volumetrische Energiedichte von VRFB liegt im Bereich von 25 bis 35 Wh/L, was deutlich niedriger ist als bei Lithium-Ionen-Batterien mit 250 Wh/L und mehr. Deswegen sind VRFB nur bedingt für mobile Anwendungen geeignet.

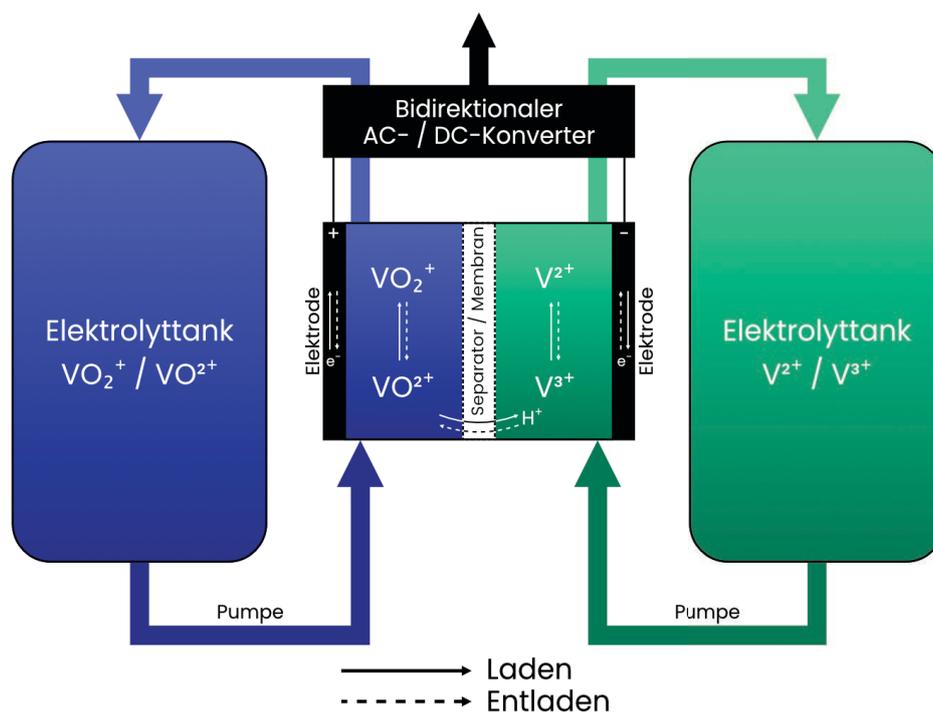


Abb. 1: Schema eines VRFB-Systems



Allerdings kann eine VRFB 15.000 bis 20.000 Lade- und Entladezyklen durchführen, verglichen mit den üblichen 5.000 Zyklen anderer Batterien [1]. Der Wirkungsgrad beträgt bei kleinen Einzelzellen etwa 85-90 % [2, 3] und bei Pilotanlagen im kW-Bereich, die u.a. durch hydraulische Verluste beeinträchtigt werden, 57-75 % [4, 5].

Die Reaktionszeit von VRFB beträgt nur etwa eine Millisekunde, wenn die Elektroden ständig mit Elektrolyt gefüllt sind und die Pumpen im Bereitschaftsmodus verweilen [6, 7]. Ein Hersteller aus der Schweiz bietet aktuell Speichersysteme für Privat- und Gewerbekunden an und garantiert eine Restspeicherkapazität von 95 % nach 20 Betriebsjahren — unabhängig von der Zyklenzahl. Die Selbstentladung sei laut Herstellerangaben minimal. Aufgrund des hohen Wasseranteils von zwei Dritteln im Elektrolyt seien Brände oder Explosionen ausgeschlossen. Ein System mit 20 kWh Speicherkapazität besteht beispielsweise aus zwei kaskadierten Modulen und kostet ca. 30.000 €. Ein Modul hat ein Leergewicht (ohne Elektrolyt) von 310 kg, eine nominale Lade- und Entladeleistung von 4 kW mit einer Spitzenleistung von 5 kW und kann zu 100 % entladen werden [8].

Einerseits ist Vanadium ein strategisches Material, das weltweit nur in wenigen nicht-europäischen Ländern abgebaut wird. Die begrenzte Verfügbarkeit führt zu stark schwankenden Preisen [9-11]. Andererseits erfolgt kein Vanadiumverbrauch in VRFB, sodass es in zukünftigen Anlagen recycelt wiederverwertet werden kann [12].

Zink-Brom-Flussbatterie (ZBFB)

In der Zink-Brom-Flussbatterie werden zinkbromid-haltige Lösungen als Elektrolyt verwendet. Im Vergleich zur VRFB kann bei diesem Prozess Dendritenwachstum auftreten. Nach einigen Lade- und Entladezyklen kann dies entweder zu Leitungsblockaden führen, oder Dendriten durchstoßen den Separator und verursachen einen Kurzschluss. Kommerzielle Systeme weisen eine gravimetrische Energiedichte von 60 bis 85 Wh/kg und eine Lebensdauer von 11 bis 14 Jahren auf [13, 14]. Um das Wachstum von Dendriten zu verhindern, müssen die Zellen regelmäßig voll-

ständig entladen werden. Außerdem müssen sie periodisch an den Anschlüssen kurzgeschlossen werden während die Elektrolytpumpe läuft, um Zinkablagerungen vollständig zu entfernen [15]. Brom ist zwar reichlich vorhanden und günstig, aber stark ätzend und hochgiftig [16].

Metall-Lösungs-basierte Redox-Paar-Flussbatterien

In metallbasierten Redox-Paar-Flussbatterien wird in der Regel ein kostengünstiges Metall wie Zink, Eisen, Kupfer oder Blei als Anode gewählt. Zink, Eisen und Kupfer sind reichlich vorhanden, leicht recycelbar, relativ umweltfreundlich und werden deswegen bevorzugt. Für die Kathode kommen unterschiedliche Elektrolytlösungen zum Einsatz.

Die Hauptnachteile der Technologie sind die Dendritenbildung und das Auftreten von Nebenreaktionen, wie z. B. die Wasserstoffentwicklung [1]. Eine Forschungsgruppe behauptet, dass die Materialkosten einer Eisen-Salz-basierten Flussbatterie mit einer volumetrischen Energiedichte von 11,5 Wh/L unter 6 €/kWh liegen [17]. Ein Unternehmen aus München hat nach eigenen Angaben einen kommerziell verfügbaren Eisen-Salz-Energiespeicher entwickelt, der nur etwa ein Zehntel so teuer sein soll, wie herkömmliche Lithium-Ionen-Batterien und kurz vor der Marktreife stünde [18, 19]. Lithium-Ionen-Batterien kosten derzeit etwa 90 €/kWh [20]. Der Marktpreis für anschlussfertige Li-Ionen-Speichersysteme liegt allerdings bei etwa 600 €/kWh [21].

Alternative Redox-Flow-Technologien

Um die vergleichsweise niedrige Energiedichte von VRFB zu steigern, den hohen Sicherheitsstandard und die Langlebigkeit zu erhalten und günstigere, gut verfügbare Rohstoffe einzusetzen, wird an unterschiedlichen alternativen Technologien geforscht. Dazu zählen anorganische oder organische Flussbatterien, membranlose Flussbatterien und Redox-Flow-Batterien, bei denen unlösliche Feststoffe als Aktivmaterialien eingesetzt werden [1].





Quellen

- [1] E. Sánchez-Díez, E. Ventosa, M. Guarnieri, A. Trovò, C. Flox, R. Marcilla, F. Soavi, P. Mazur, E. Aranzabe, R. Ferret, Redox flow batteries: Status and perspective towards sustainable stationary energy storage, *Journal of Power Sources*, Volume 481, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228804>.
- [2] R. Monteiro, J. Leiro, M. Boaventura, A. Mendes, Insights into all-vanadium redox flow battery: a case study on components and operational conditions, *Electrochim. Acta* 267 (2018) 80–93, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2018.02.054>.
- [3] D. Reynard, C. Dennison, A. Battistel, H.H. Girault, Efficiency improvement of an all-vanadium redox flow battery by harvesting low-grade heat, *J. Power Sources* 390 (2018) 30–37, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.03.074>.
- [4] D. Bryans, V. Amstutz, H.H. Girault, L.E. Berlouis, Characterisation of a 200 kW / 400 kWh vanadium redox flow battery, *Batteries* 4 (2018) 54–69, <https://doi.org/10.3390/batteries4040054>.
- [5] M. Guarnieri, A. Trovò, F. Picano, Enhancing the efficiency of kW-class vanadium redox flow batteries by flow factor modulation: an experimental method, *Appl. Energy* 262 (2020) 114532–114542, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114532>.
- [6] R.L. Fares, J.P. Meyers, M.E. Webber, A dynamic model-based estimate of the value of a vanadium redox flow battery for frequency regulation in Texas, *Appl. Energy* 113 (2014) 189–198, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.025>.
- [7] A. Lucas, S. Chondrogiannis, Smart grid energy storage controller for frequency regulation and peak shaving, using a vanadium redox flow battery, *Int. J. Elec. Power* 80 (2016) 26–36, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.01.025>.
- [8] Prolux Solutions AG, Storac: Fakten zum Speicher für Eigenheime, <https://www.prolux-solutions.com/de/de/produkte>, Zugriff: 29.09.2023
- [9] C. Minke, U. Kunz, T. Turek, Techno-economic assessment of novel vanadium redox flow batteries with large-area cells, *J. Power Sources* 361 (2017) 105–114, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.06.066>.
- [10] M. Moore, C. Robert, J. Watson, A. Thomas, C. Sun, An analysis of the contributions of current density and voltage efficiency to the capital costs of an all vanadium redox-flow battery, *J. Chem. Eng. Process Technol.* 7 (2016) 288–292, <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000288>.
- [11] V. Viswanathan, A. Crawford, D. Stephenson, S. Kim, W. Wang, B. Li, G. Coffey, E. Thomsen, G. Graff, P. Balducci, Cost and performance model for redox flow batteries, *J. Power Sources* 247 (2014) 1040–1051, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.12.023>.
- [12] S. Weber, J.F. Peters, M. Baumann, M. Weil, Life cycle assessment of a vanadium redox flow battery, *Environ. Sci. Technol.* 52 (2018) 10864–10873, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02073>.
- [13] G.P. Rajarathnam, The Zinc/bromine Flow Battery: Fundamentals and Novel Materials for Technology Advancement, University of Sydney, Faculty of Engineering & Information Technologies, School of Chemical & Biomolecular Engineering, 2016.
- [14] H. Lim, A. Lackner, R. Knechtli, Zinc-bromine secondary battery, *J. Electrochem. Soc.* 124 (1977) 1154–1157, <https://doi.org/10.1149/1.2133517>.
- [15] G. Tomazic, M. Skyllas-Kazacos, Redox Flow Batteries, in: T. Moseley, J. Garche (Eds.), *Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid balancing*, first ed., Elsevier (Newnes), 2015, pp. 309–336.
- [16] K. Saadi, P. Nanikashvili, Z. Tatus-Portnoy, S. Hardisty, V. Shokhen, M. Zysler, D. Zitoun, Crossover-tolerant coated platinum catalysts in hydrogen/bromine redox flow battery, *J. Power Sources* 422 (2019) 84–91, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.03.043>.
- [17] M.C. Tucker, A. Phillips, A.Z. Weber, All-iron redox flow battery tailored for off-grid portable applications, *ChemSusChem* 8 (2015) 3996–4004, <https://doi.org/10.1002/cssc.201500845>.
- [18] Handelsblatt, Eisen-Salz-Batterien: So könnten die erneuerbaren Energien grundlastfähig werden, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/energiewende-eisen-salz-batterien-so-koennten-die-erneuerbaren-energien-grundlastfaehig-werden/28087334.html>, Zugriff: 29.09.2023
- [19] Voltstorage, Pressemitteilung, https://voltstorage.com/uploads/Presse/Pressemitteilung_Juni_2023.pdf, Zugriff: 29.09.2023
- [20] Fraunhofer ISI, Preisschwankungen bei Batterie-Rohstoffen, <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/batterie-rohstoffe-preis-schwankungen-wie-reagiert-automobil-industrie-auswirkungen-zellkosten.html>, Zugriff: 29.09.2023
- [21] Tesla, Powerwall, https://www.tesla.com/de_de/powerwall, Zugriff: 29.09.2023

EIN LEITFADEN FÜR DANKBARKEIT

“Es sind nicht die glücklichen
Menschen, die dankbar sind. Es
sind die dankbaren Menschen,
die glücklich sind.”



Emma
Jung



Illustatorin:
Natalie Linya
Arnold

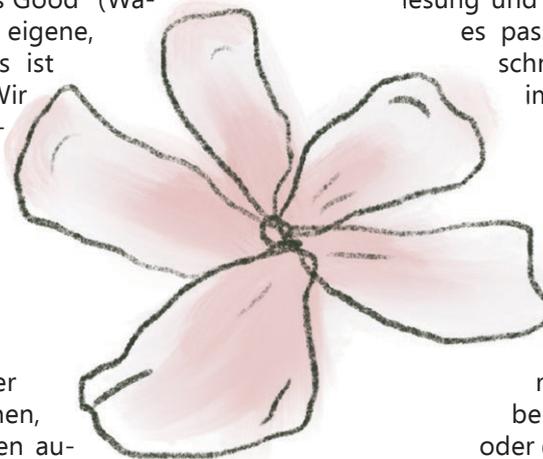


// Es sind nicht die glücklichen Menschen, die dankbar sind. Es sind die dankbaren Menschen, die glücklich sind.“

Dieses Zitat des englischen Philosophen Francis Bacon besagt, dass Dankbarkeit uns glücklich macht. Doch wie viel Wahrheit steckt in diesen Worten? Und was ist eigentlich Dankbarkeit, welche Auswirkungen hat sie und wie kann sie praktiziert werden?

Definition von Dankbarkeit

Robert Emmons, einer der weltweit führenden Forscher auf dem Gebiet der Dankbarkeit, gibt in seinem Artikel „Why Gratitude Is Good“ (Warum Dankbarkeit gut ist) seine eigene, zweigeteilte Definition. „Erstens ist sie eine Bejahung des Guten. Wir erkennen an, dass es gute Dinge in der Welt gibt und wir Geschenke und Unterstützungen erhalten haben.“ Er betont jedoch, dass Dankbarkeit mehr ist als die reine Anerkennung des Guten im Leben. „Der zweite Teil der Dankbarkeit besteht darin, herauszufinden, woher dieses Gute kommt. Wir erkennen, dass die Ursprünge dieses Guten außerhalb von uns selbst liegen.“ Der entscheidende Unterschied zwischen Dankbarkeit und Optimismus liegt also in der sozialen Komponente, weshalb eine positive Lebenseinstellung nicht mit Dankbarkeit gleichzusetzen ist. Vielmehr kann Dankbarkeit Optimismus fördern und hervorrufen.



Was macht glücklich?

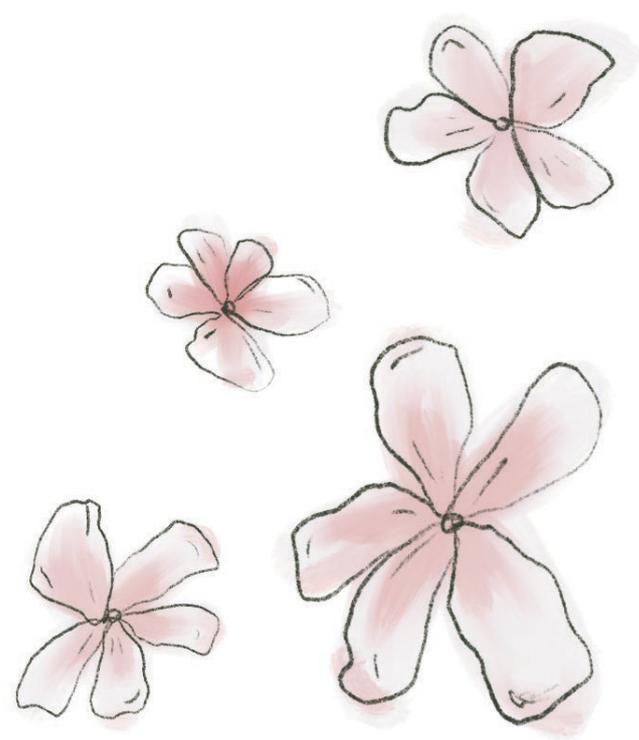
Auch der kanadische Journalist Robert Blondin hat die positiven Auswirkungen von Dankbarkeit untersucht - genauer gesagt, den Zusammenhang zwischen Dankbarkeit und Glück. Er hat Menschen auf der ganzen Welt zum Thema Glück befragt, und überraschenderweise waren nicht die Reichen, die Schönen oder die Gesunden am glücklichsten, sondern diejenigen, die Krisen überstanden hatten und daran gewachsen waren.

Zwischen Abgabeterminen an der Universität, anspruchsvollen Prüfungen, verspäteten öffentlichen Verkehrsmitteln, einer langweiligen Vorlesung und einer schlechten Note kann es passieren, dass sich der Fokus schnell auf die negativen Dinge im Leben verlagert. Dankbarkeit kann dabei helfen, diese negative Einstellung zum Leben zu überwinden.

Das Gefühl von Sonnenschein auf der Haut, das Lächeln einer fremden Person, der köstliche Geruch von Gebäck, die Hilfe bei einer schwierigen Aufgabe oder die neue Folge der Lieblingsserie - all das sind Dinge, für die wir im Alltag dankbar sein können. Aber wie finden wir angesichts unserer oft hektischen Zeitpläne die Zeit und den Raum, um Dankbarkeit in unser Leben zu integrieren? Und wo sollten wir anfangen?

Mehr als 1.000 Menschen im Alter von 8 bis 80 Jahren haben an Emmons' Studien teilgenommen. Die Ergebnisse seiner Studien sind erstaunlich: Die Probanden fühlen sich nicht nur lebendiger und fröhlicher, sondern die Auswirkungen sind auch auf weiteren Ebenen zu finden. Diejenigen, die Dankbarkeit praktizierten, hatten weniger körperliche Symptome wie Bauch- und Kopfschmerzen, trieben mehr Sport und schliefen besser als die Kontrollgruppen - um nur einige der Studienergebnisse zu nennen.

Bei der Dankbarkeit geht es nicht um die großen Dinge, sondern um die kleinen Dinge. Sie bedeutet nicht, immer glücklich und mit allem zufrieden zu sein. Vielmehr beeinflusst die Dankbarkeit die Grundeinstellung, mit der wir das Leben betrachten, in dessen Verlauf wir Hindernissen, Krisen und Herausforderungen begegnen.





4 Möglichkeiten, Dankbarkeit in dein Leben zu integrieren



Dankbarkeitstagebuch - mit Routine

Lege ein Notizbuch an einen festen Platz in deinem Zimmer (z.B. Nachttisch) und nimm dir eine feste Zeit am Tag (z.B. vor dem Schlafengehen), um darüber nachzudenken, wofür du heute dankbar bist. Die Wirkung dieser Methode ist in vielen wissenschaftlichen Studien nachgewiesen worden.



Drei gute Dinge – für zwischendurch

Diese Übung kannst du jederzeit und überall machen. Sei es im Bus oder der Bahn auf dem Weg zur Uni, in einer Lernpause oder auf dem Heimweg nach einer Partynacht.

Nimm dir ein oder zwei Minuten Zeit und beantworte die folgende Frage:

Für welche drei Dinge warst du in letzter Zeit dankbar, und wie hast du dich deswegen gefühlt?



Dankbarkeitsliste - mit mehr Zeit

Diese Methode nimmt etwas mehr Zeit in Anspruch. Sie ruft dir all die Dinge ins Bewusstsein, für die du dankbar sein kannst. Du brauchst Papier und einen Stift, oder du kannst eine Notiz auf deinem Handy beginnen.

Vervollständige nun die folgenden Sätze:

Es ist etwas ganz Besonderes, dass ...

Ich bin glücklich, dass ...

Nicht jeder kann sagen, dass ...

Heute war ich besonders glücklich, dass ...

Vielleicht habe ich im Moment viele Gründe, traurig/angstvoll/besorgt/... zu sein. Nichtsdestotrotz...

Nimm dir mindestens 5 Minuten Zeit, um die Sätze zu vervollständigen, und schreib, wenn du magst, ruhig mehr. Am Ende wirst du eine Liste haben, auf die du in Zukunft zurückblicken kannst und die dich an Dinge erinnert, für die du dankbar bist.



Dankbarkeitsbrief - zum Verschicken oder einfach nur zum Behalten

Schreib einen Brief an eine Person, für die du dankbar bist. Vielleicht gibt es eine Person, an die du gerade denkst, der du nicht oft dankst oder bei der du noch nicht die Gelegenheit hattest, dich zu bedanken. Du kannst den Brief nach dem Schreiben abschicken, aber musst natürlich nicht.

Übung macht den Meister

Nicht jede Methode funktioniert bei jedem, und es braucht auch Zeit, Ausdauer und Übung, um in den Zustand der Dankbarkeit zu gelangen. Verschiedene Ansätze auszuprobieren und auch die Dankbarkeitsroutinen zu wechseln, kann sehr hilfreich sein, damit keine Gewöhnung eintritt. Und auch wenn es sich anfangs vielleicht etwas seltsam anfühlt, ist es auf jeden Fall einen Versuch wert. 🌟

Quellen

[1] Emmons, R. (2010). Why gratitude is good. [online] Greater Good. Übersetzt aus dem englischen Original: "First, it's an affirmation of goodness. We affirm that there are good things in the world, gifts, and benefits we've received. [...] The second part of gratitude is figuring out where that goodness comes from. We recognize the sources of this goodness as being outside of ourselves." Available at: https://greatergood.berkeley.edu/article/item/why_gratitude_is_good.

[2] Maeck, S. (2016). Dankbarkeit: Die Wurzel für Gesundheit und Wohlbefinden. Der Spiegel. [online] 26 Dec. Available at: <https://www.spiegel.de/gesundheit/psychologie/dankbarkeit-die-wurzel-fuer-gesundheit-und-wohlbefinden-a-1124119.html>

[3] Emmons, R. (2010). Why gratitude is good. [online] Greater Good. Available at: https://greatergood.berkeley.edu/article/item/why_gratitude_is_good.

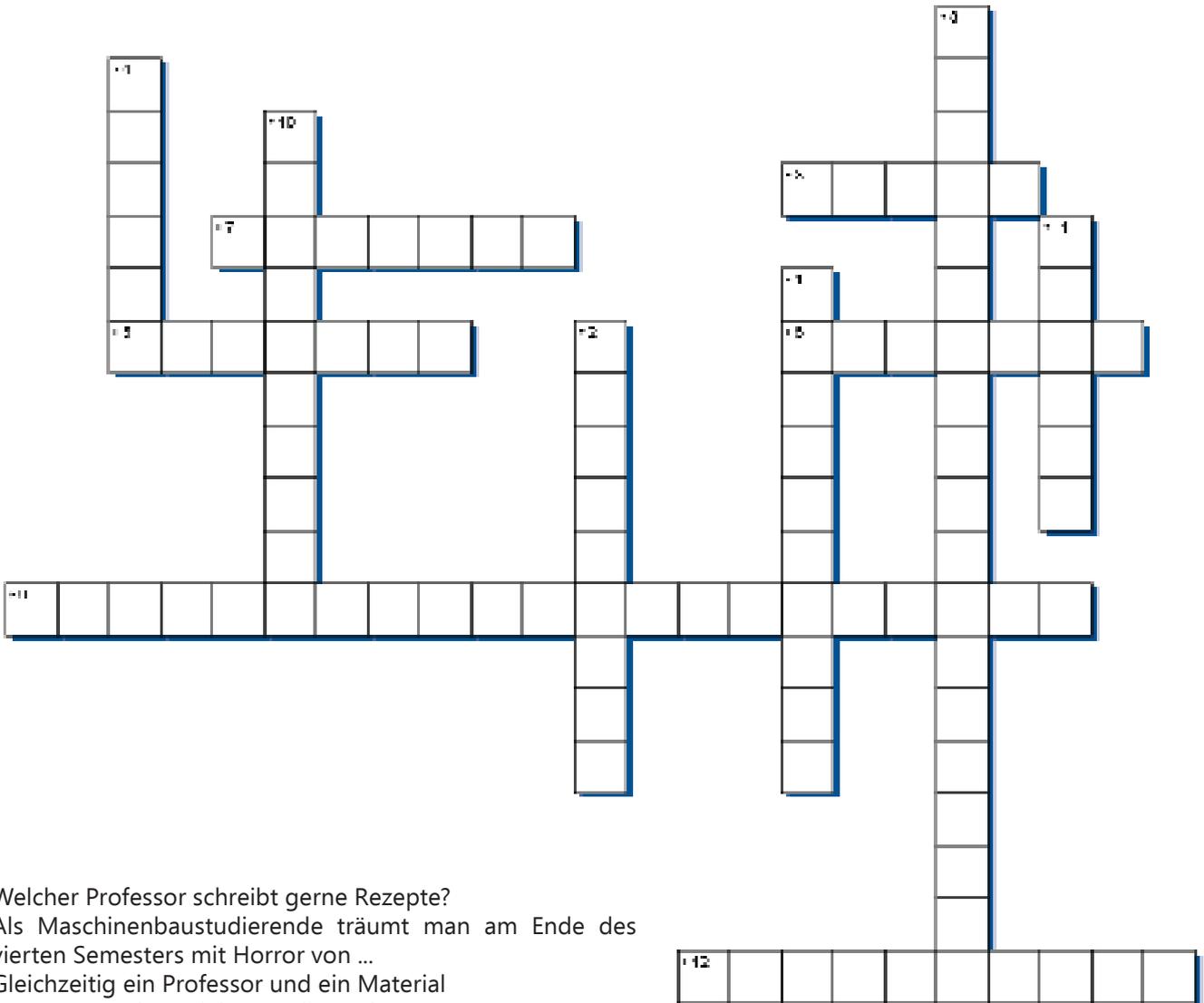
[4] Wlodarek, E. (2022). Wissenschaftlich erwiesen: Dankbarkeit macht glücklich. [online] www.abendblatt.de. Available at: <https://www.abendblatt.de/hamburg/von-mensch-zu-mensch/article236378561/Wissenschaftlich-erwiesen-Dankbarkeit-macht-gluecklich.html>

[5] Rudolph, M. (2020). Dankbarkeit: 10 einfache Methoden Dankbarkeit zu lernen. [online] Zeit zu leben. Available at: https://zeitzuleben.de/dankbarkeit/#10_Dankbarkeitsmethoden_Welche_ist_was_fuer_dich

[6] Greater Good. (n.d.). Gratitude Definition | What Is Gratitude. [online] Available at: <https://greatergood.berkeley.edu/topic/gratitude/definition#how-cultivate-gratitude>.



RÄTSEL



1. Welcher Professor schreibt gerne Rezepte?
2. Als Maschinenbaustudierende träumt man am Ende des vierten Semesters mit Horror von ...
3. Gleichzeitig ein Professor und ein Material
4. Daran mangelt es vielen Studierenden.
5. Die Magistrale im MW-Gebäude ist offiziell ein überdachter ...
6. Dieses Gebäude bietet im Winter der Vogelpopulation des Campus einen Rückzug vor der Kälte.
7. Der beste Weihnachtsmarkt (zumindest am Campus Garching).
8. Hiermit darf man Schrauben anziehen, aber nicht lösen.
9. Die liebste Kartoffel eines jeden Mechanik-Professors: die ... Kartoffel
10. Die Validierungsautomaten im MW-Gebäude können Karten fressen, aber selten ...
11. Das Gebäude der ... erinnert an einen Hochbunker.
12. Diese Forschungsinstitution hat bereits mehrere Nobelpreise an den Campus gebracht.



DU MÖCHTEST MITSCHREIBEN?

Wir suchen immer nach frischen Ideen und motivierten Leuten, die an unseren Ausgaben mitwirken wollen. Unser Redaktionsteam hat Platz für alle, vom begeisterten Viel-Schreiber über die Layout-Enthusiastin bis zum Interview-Interessierten. Auch Nicht-Maschinenbauer:innen sind bei uns gerne gesehen, ein Blick über den Tellerrand hat noch niemandem geschadet!

Du hast Lust, deine Texte abgedruckt zu sehen, für einen ansprechenden Reisswolf zu sorgen oder möchtest einfach nur absurde Fakten und Witze im Klopapier loswerden? Dann melde dich bei uns: reisswolf@fsmb-tum.de

Du kannst bei uns an den unterschiedlichsten Stellen deine Ideen einbringen:

- ◆ Lehrstuhlinterviews
- ◆ Messebesuche
- ◆ Exkursionen zu spannenden Firmen
- ◆ Artikel über Maschinenbau-Themen
- ◆ Artikel über Nicht-Maschinenbau-Themen ;)
- ◆ Rätsel
- ◆ unser Satireblatt, der *Wolf*
- ◆ Inhalte für das *Klopapier*
- ◆ Layout und Design



DANCE!

NO ONE CARES IF YOU SUCK

Semesterbegleitende Tanzabende
für Standard/Latein/Discofox
Maschinenwesen - Gebäude, Hof 1
19-22 Uhr, Eintritt frei

KONTAKT:
TANZEN@
FS.TUM.DE

21.11.23

16.1.24

23.1.24