



## Advanced Materials- Einblick in die Forschungsfelder der Empa

Dr. Lorenz Herrmann

Head of Department „Advanced Materials & Surfaces“

Member of the directorate

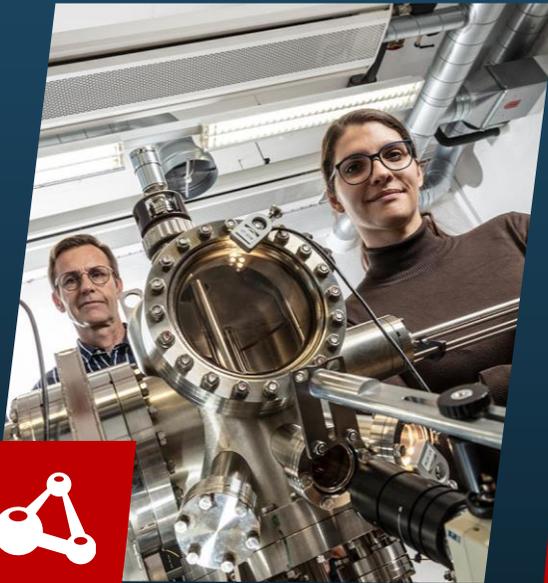
# Das «Cockpit» für unsere Forschungsprojekte



«Sustainable Development Goals» der UN – die zentralen Herausforderungen unserer Zeit.



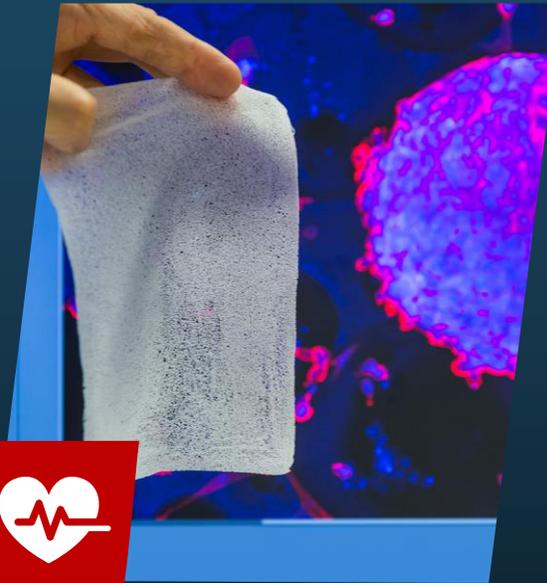
# Unsere Antwort – in vier Forschungsschwerpunkten



**Nanoskalige  
Materialien &  
Technologien**



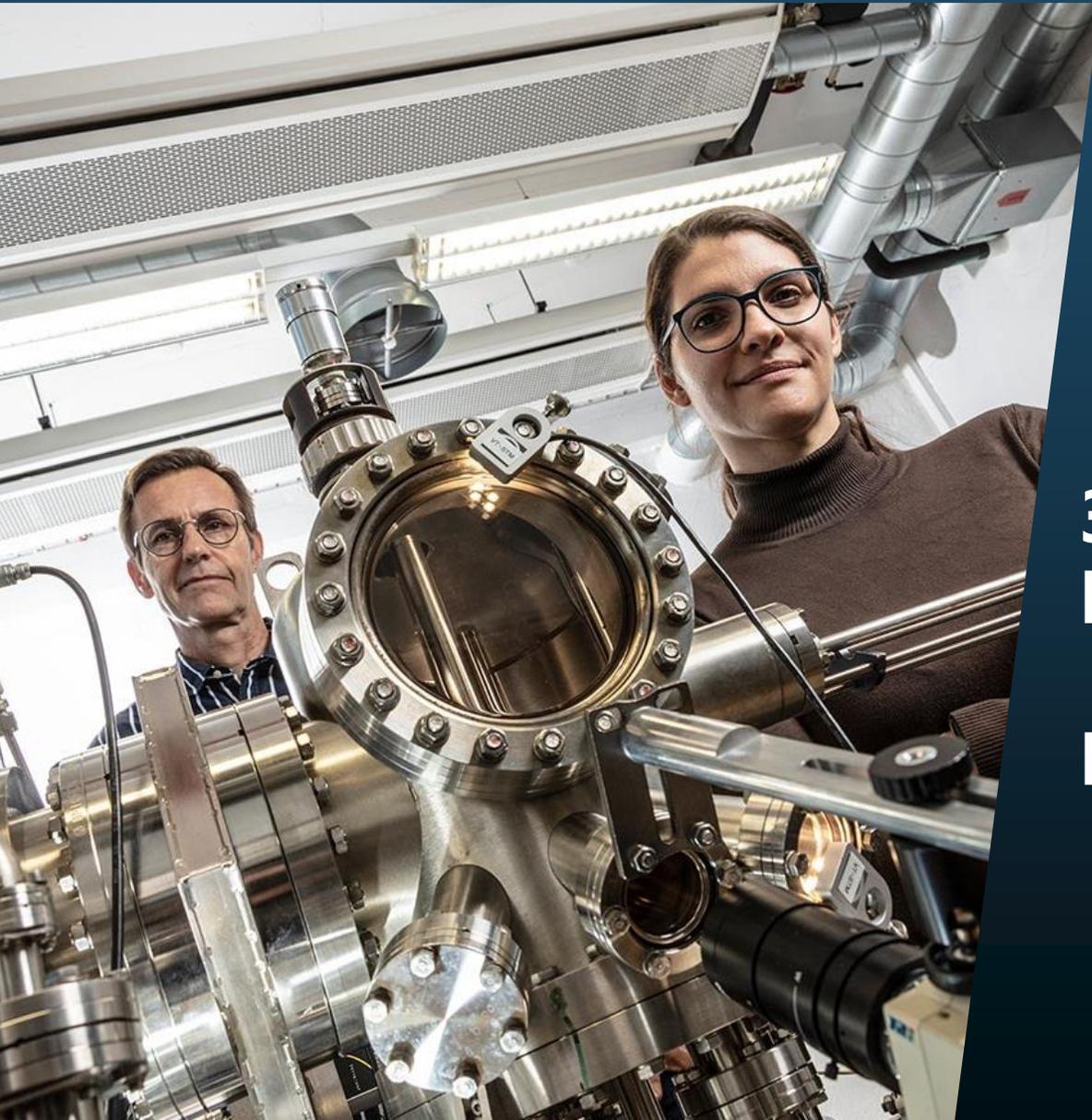
**Gebaute Umwelt**



**Gesundheit &  
Leistungsfähigkeit**



**Energie, Ressourcen &  
Emissionen**

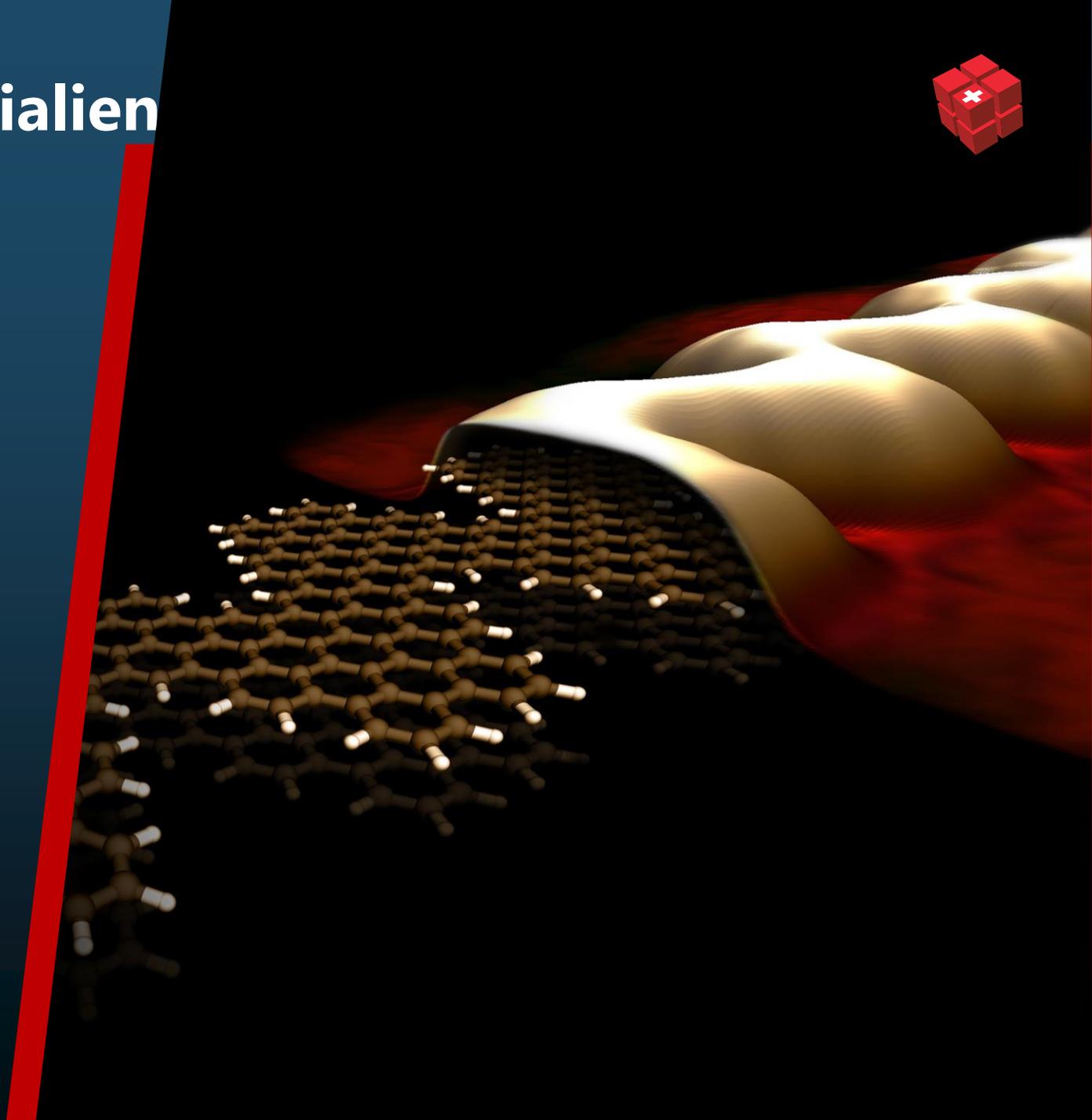


**3 Megatrends der  
Materialforschung:**

**Nano – Digital – Nachhaltig.**

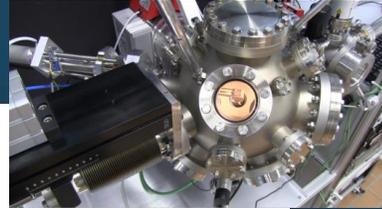
# 1a. Kohlenstoff-Nanomaterialien für Quantentechnologien

Forschende der Empa haben besondere Materialien aus Kohlenstoff – Graphen-Nanobänder – mit erstaunlichen, bislang unerreichten elektronischen und magnetischen Eigenschaften entwickelt, aus denen etwa Quantencomputer und thermoelektrische Wandler gebaut werden könnten.

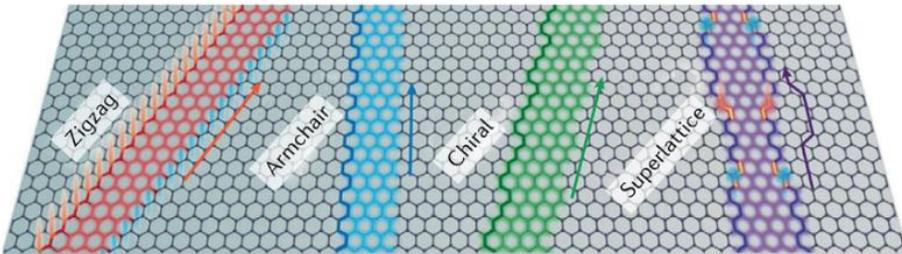


# Graphene Nanoribbons

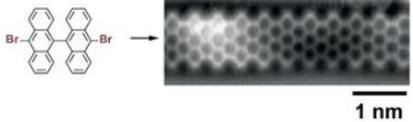
*Nanomaterialien mit atomarer Präzision: Herstellung und Charakterisierung*



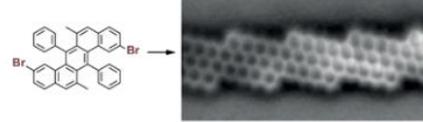
## Materials



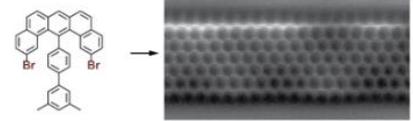
### Variable gap semiconductor - metal



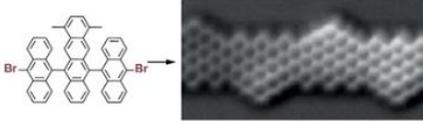
### Engineered spin conduction



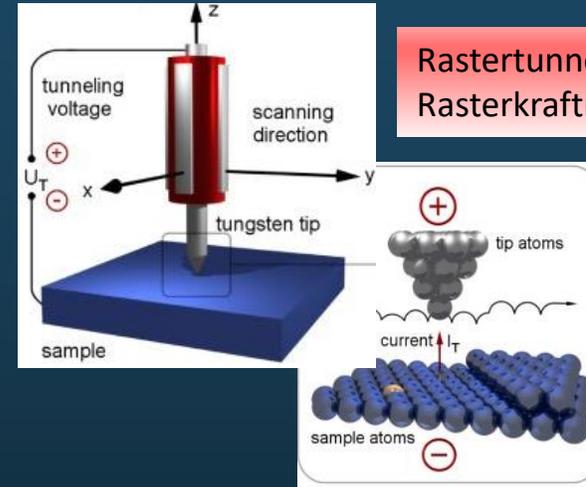
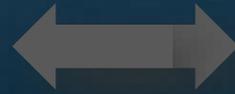
### Spin-selective conduction channels



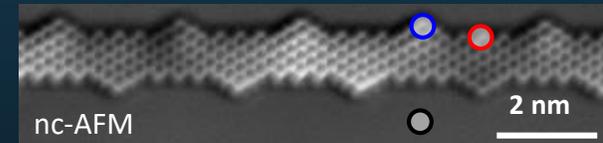
### Topological band engineering



## Herstellung



Rastertunnelmikroskopie (STM) und Rasterkraftmikroskopie (AFM)

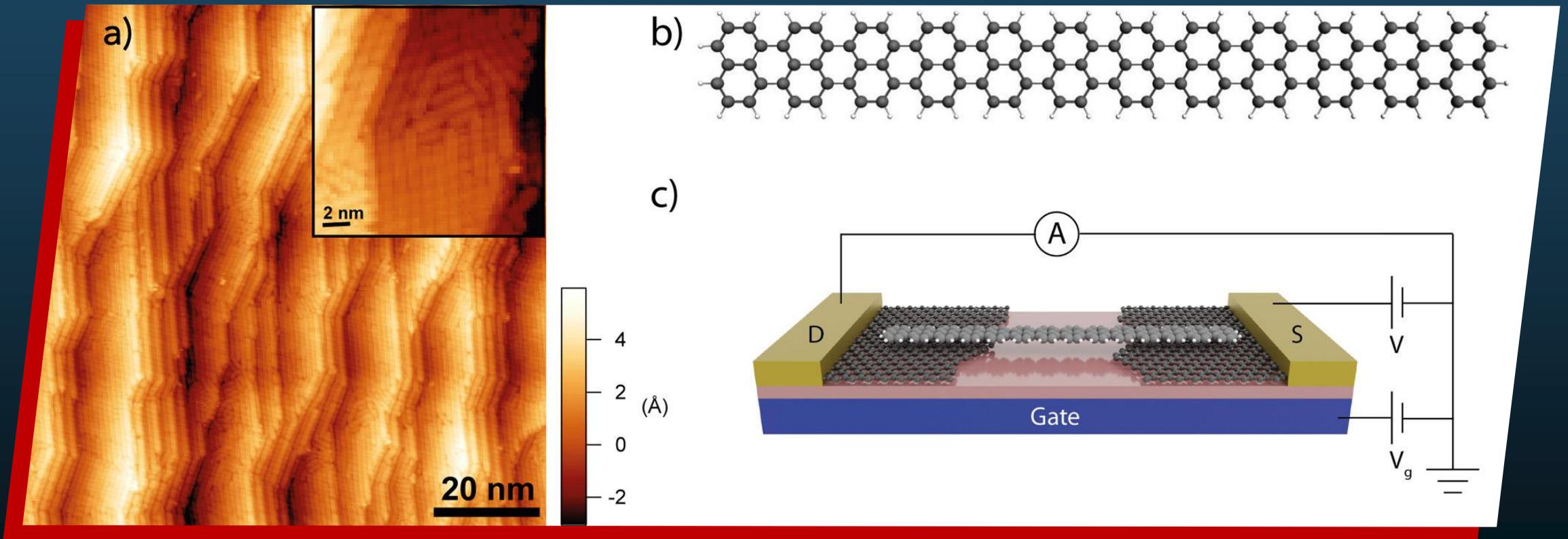


## Charakterisierung

# Graphen – ein Material mit erstaunlichen Eigenschaften



Graphen-Nanobänder haben Eigenschaften, die bei deutlich höheren Temperaturen stabil sind, als die bisher für die Quantentechnologien verwendeten Materialien.



→ 15 Mio.-Grant der Werner Siemens-Stiftung für das Projekt «CarboQuant» (2022)

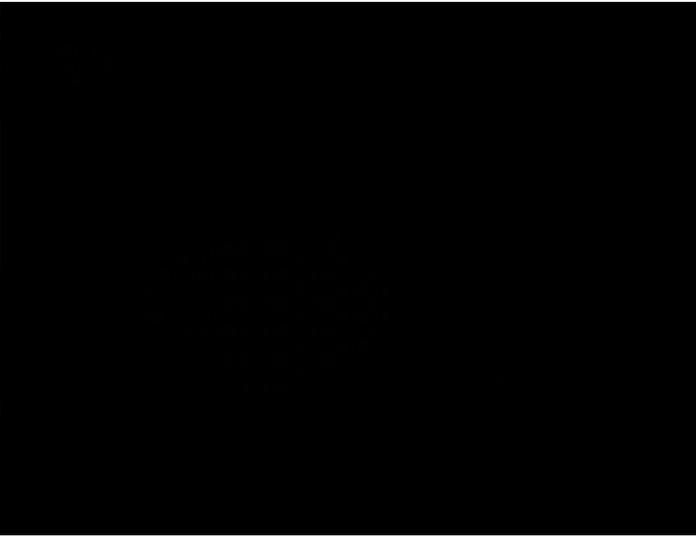
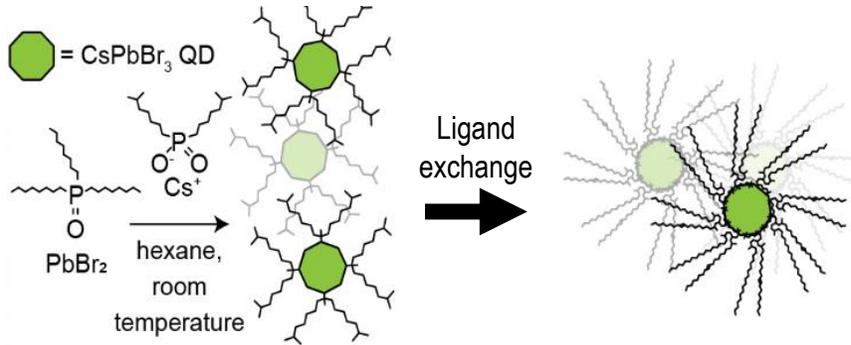
## 1b. Perowskit Nanokristalle

Perowskit Nanokristalle können mit einer relativ einfachen chemischen Synthese hergestellt werden. Viele dieser Nanokristalle können auf einer Oberfläche als Film hergestellt werden, mit exzellenten optischen Eigenschaften.

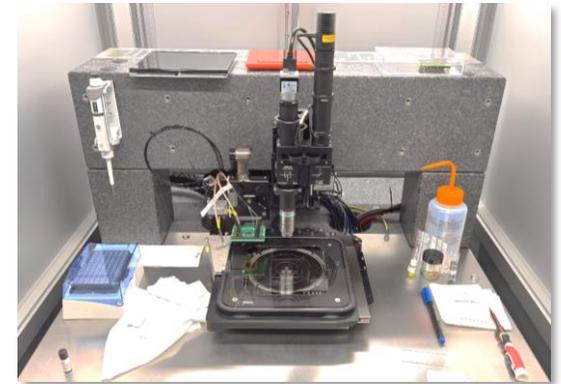
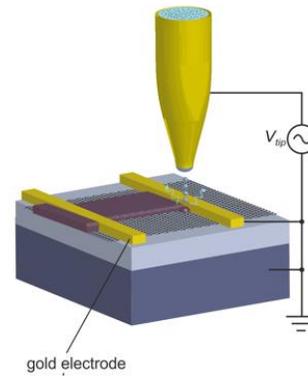


# Synthese und Druck

## Einfache Synthese

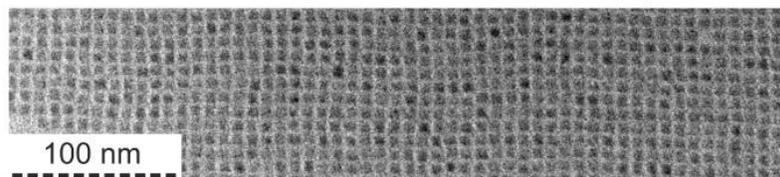
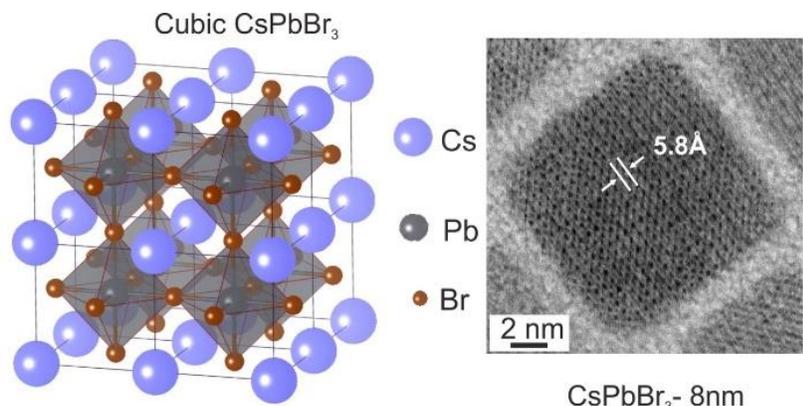


## Electro Hydrodynamic Printing



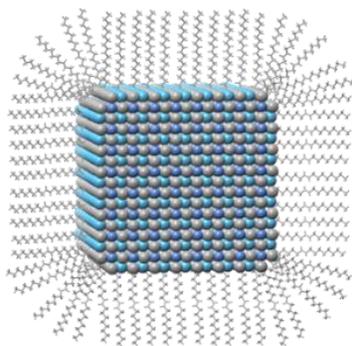
# Optische Eigenschaften

## Quantum Dot Material

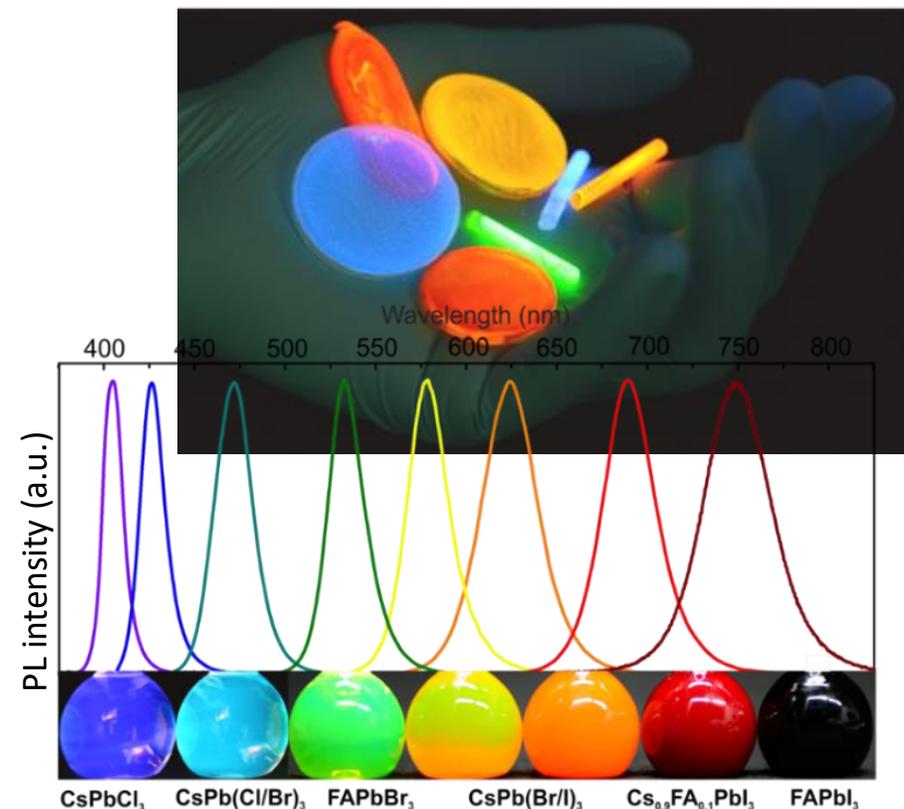


*Ligands, innovative surface chemistry*

*2-20 nm, 10<sup>2</sup>-10<sup>4</sup> atoms*



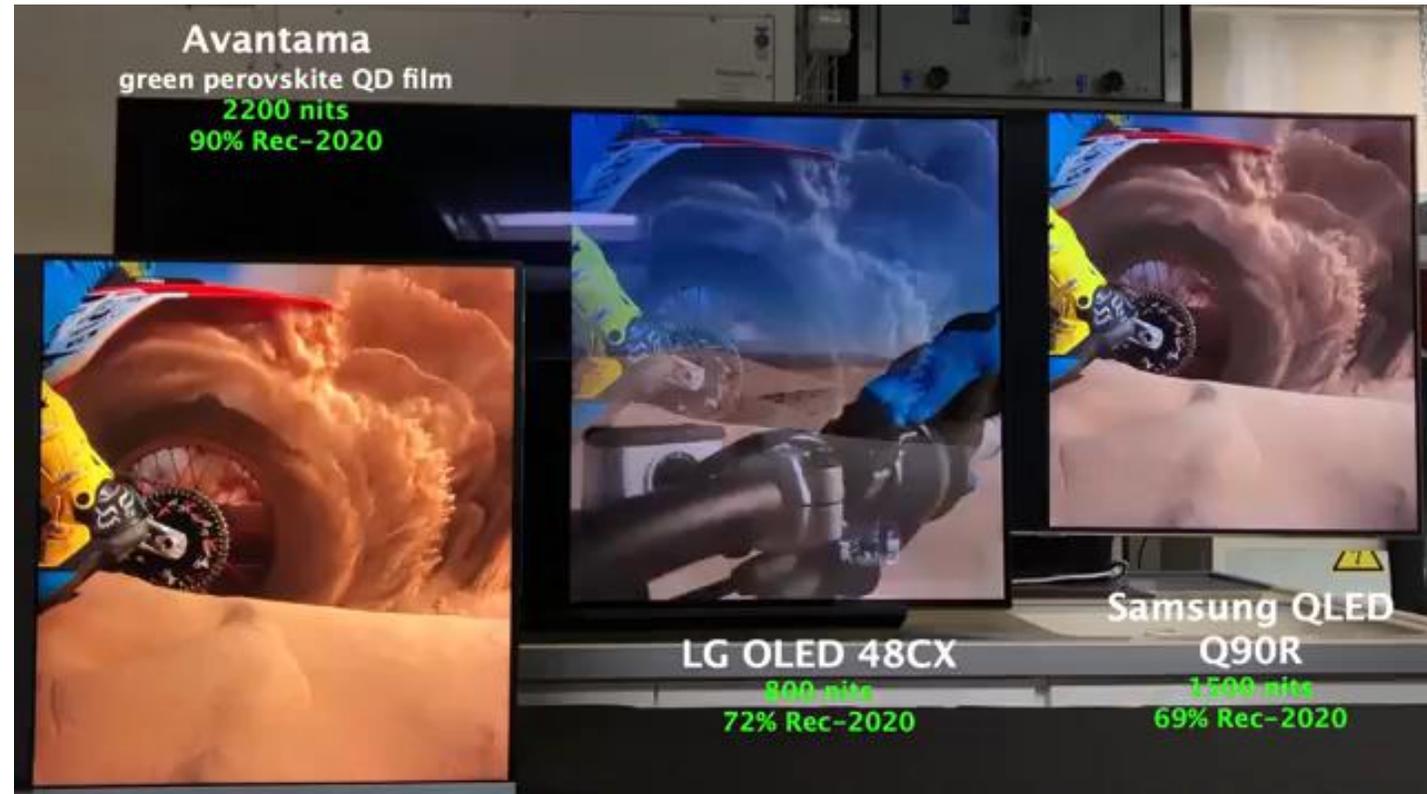
## Outstanding optical properties



**broad spectral range & PL quantum efficiency is near unity**

# Anwendung in Displays

## Novel Displays with 10x higher absorbance in blue



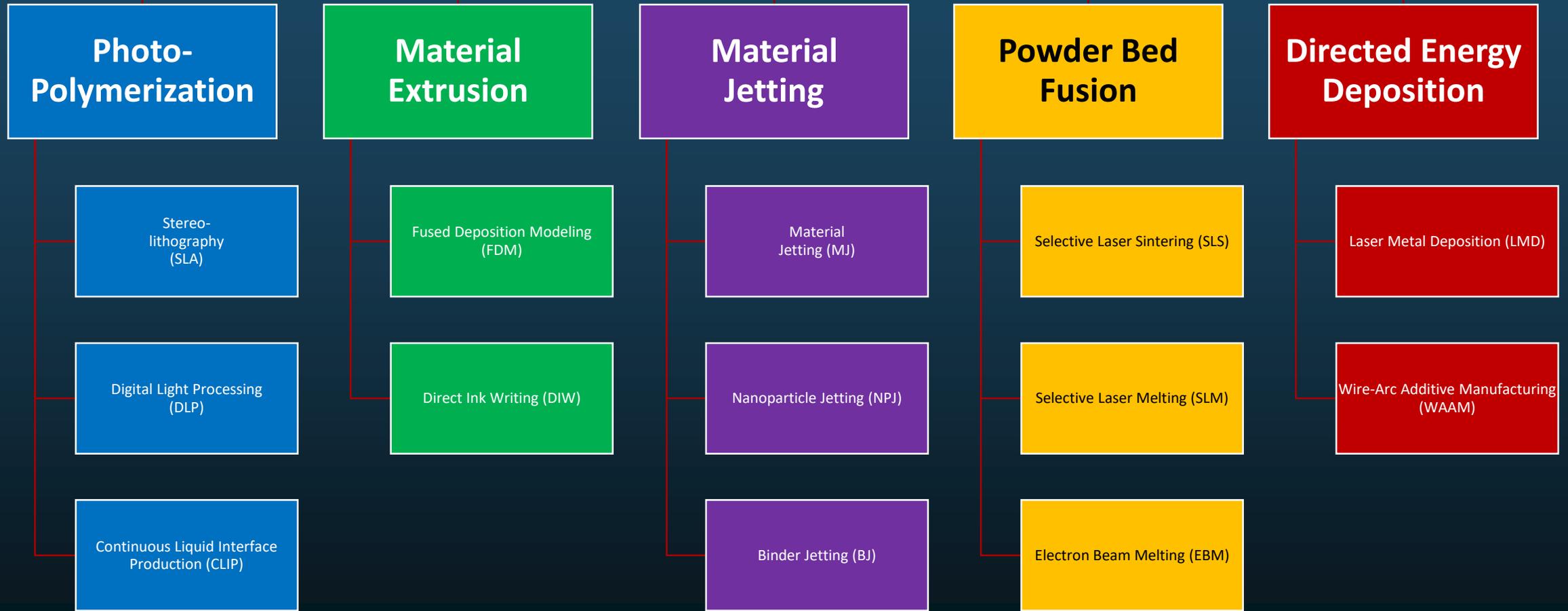
## 2. Additive Fertigung

Die additive Fertigung hat sich als neue Verfahrenstechnik etabliert. Als Beispiel für die Digitalisierung der Produktionstechnik bietet sie enorme Chancen. An der Empa untersuchen wir insbesondere den Metall- und Keramik 3d Druck.



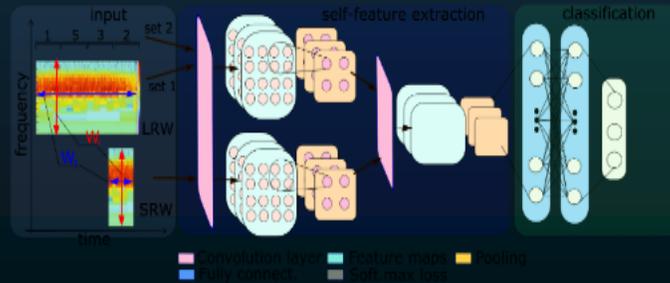
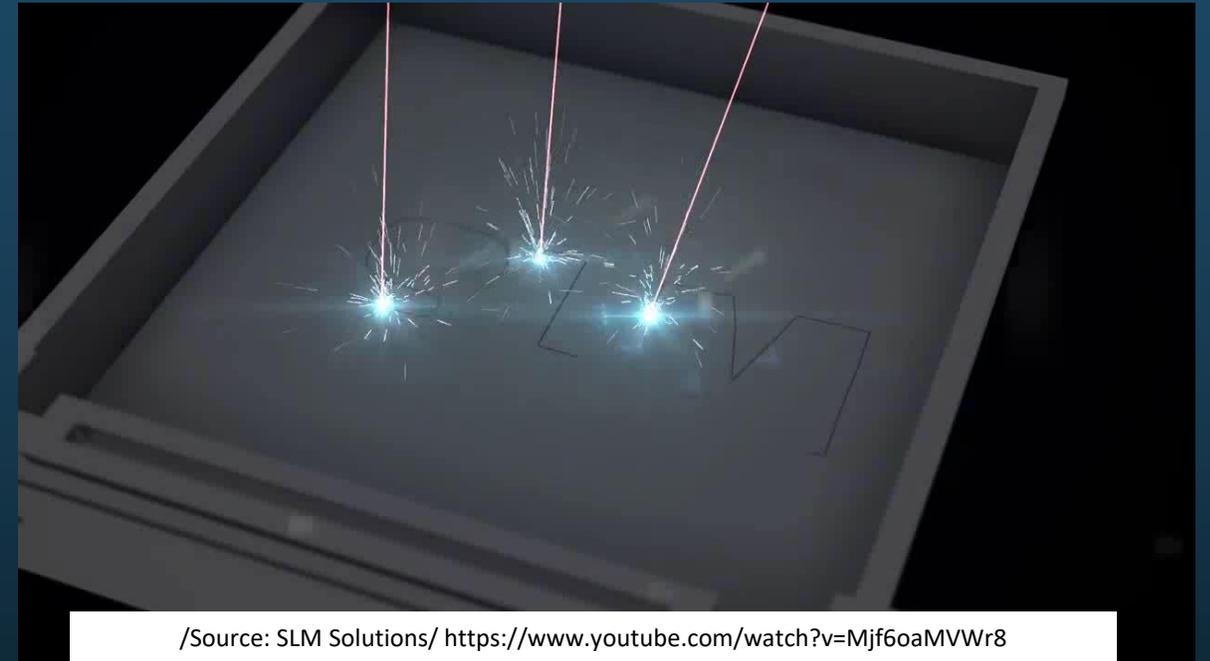
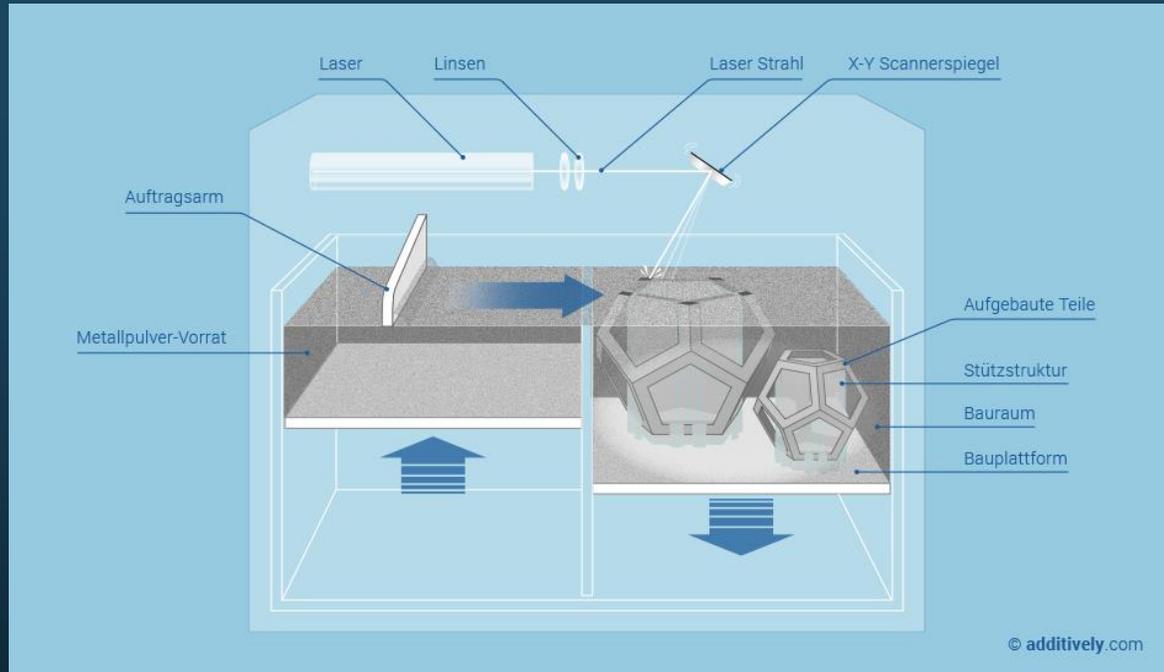
# Überblick über unterschiedliche AM Technologien

## AM Technologies



Tooling Machines or Robotic Additive Manufacturing

# Laser powder bed fusion (L-PBF)

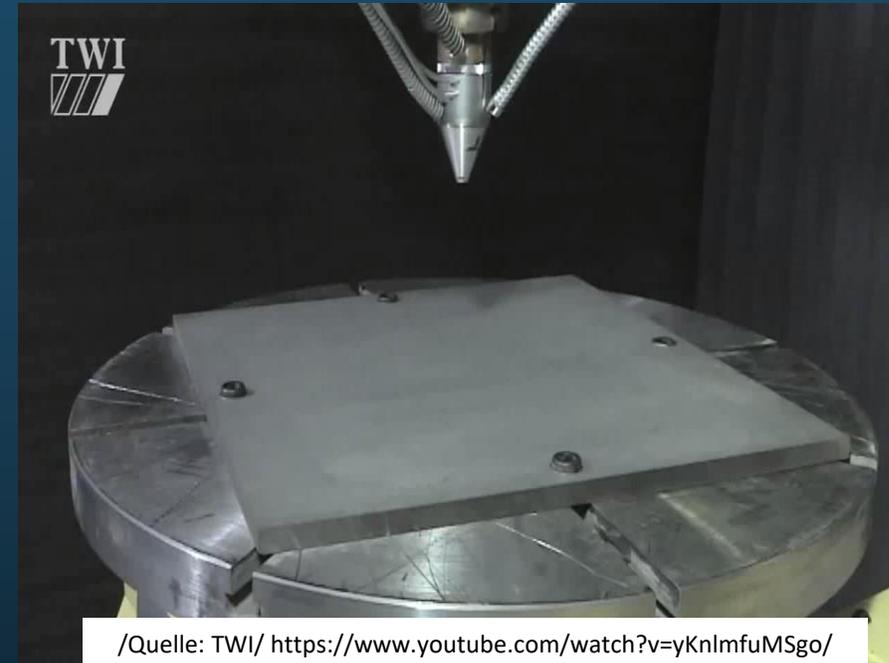
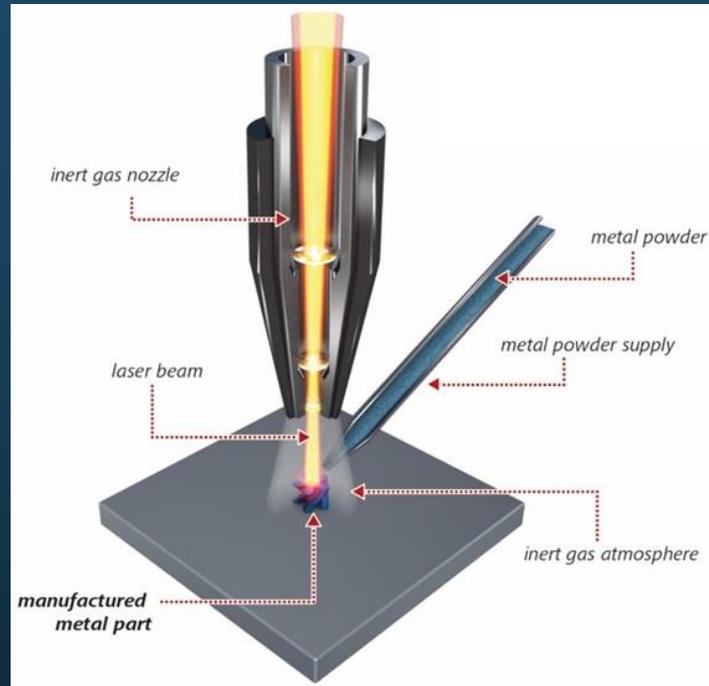


Prozessüberwachung

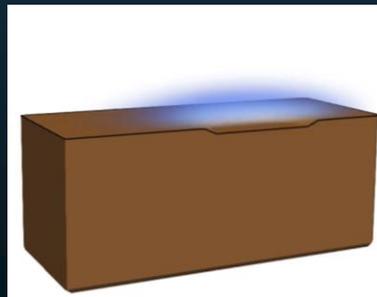
CH Industry news:



# Directed Energy Deposition (DED)



Prozess Simulation



Multi-Material Druck



# Application areas of Metal Additive Manufacturing

Medical implants



Prototyping

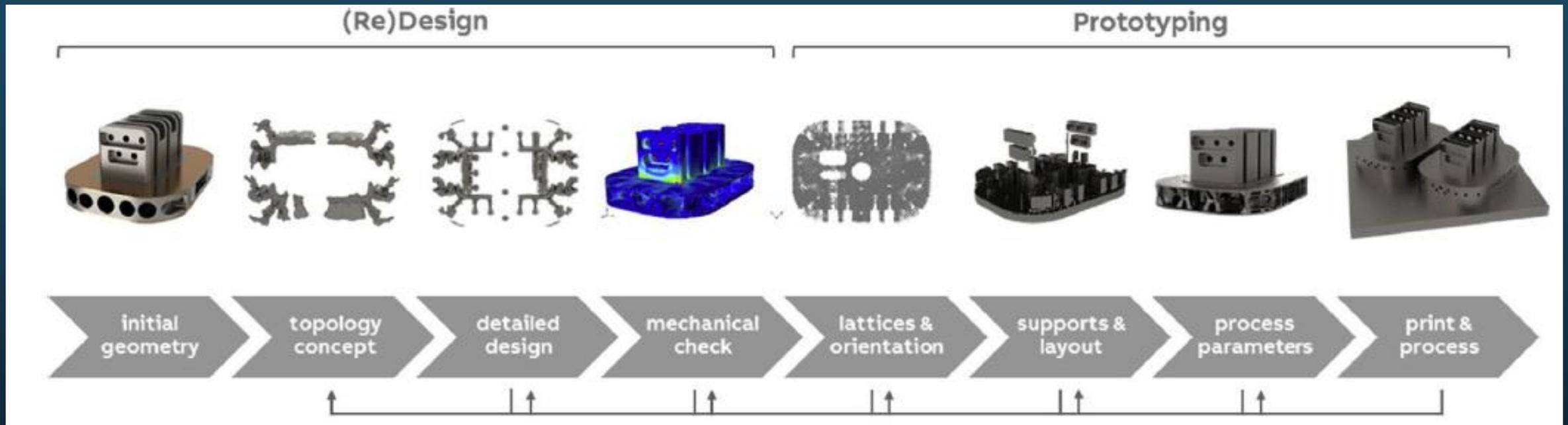


TU Vienna

High complexity parts



# Digitalized workflow



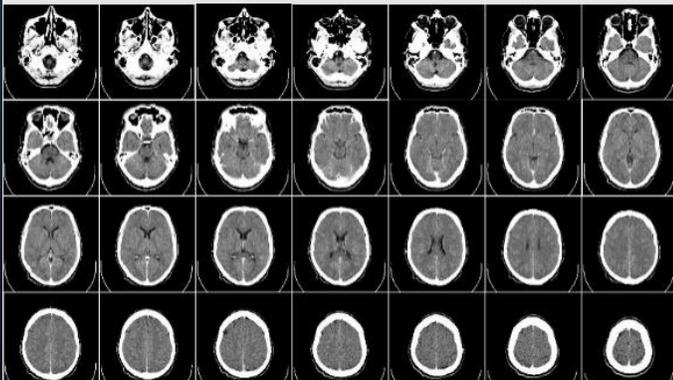
F. García Ferré, A. Johansson, L. Herrmann, J. Korbel, T. Erford, U. Riechert, "A lightweight electromagnetic actuator for high voltage DC power grids", Additive Manufacturing, Volume 27, 2019, Pages 533-539, doi./10.1016/j.addma.2019.03.018.

# Implants

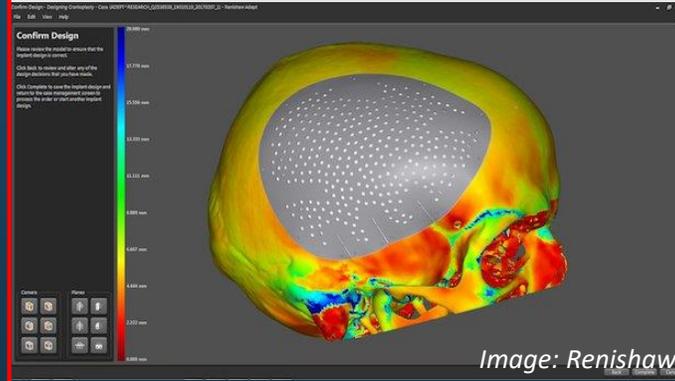
### Digital Medical Imaging



### Medical Image Processing



### Design of Implants



### Surgery Planning



### Manufacturing of Implants



### Surgery and Implantation



# Advanced Manufacturing Technology Transfer Center (AM-TTC)

swissm4mcenter



<https://www.swissm4m.ch/en/about-us/3D-Virtual-Tour>

Contact: [info@swissm4m.ch](mailto:info@swissm4m.ch)

# Swiss m4m Center



View into the production hall

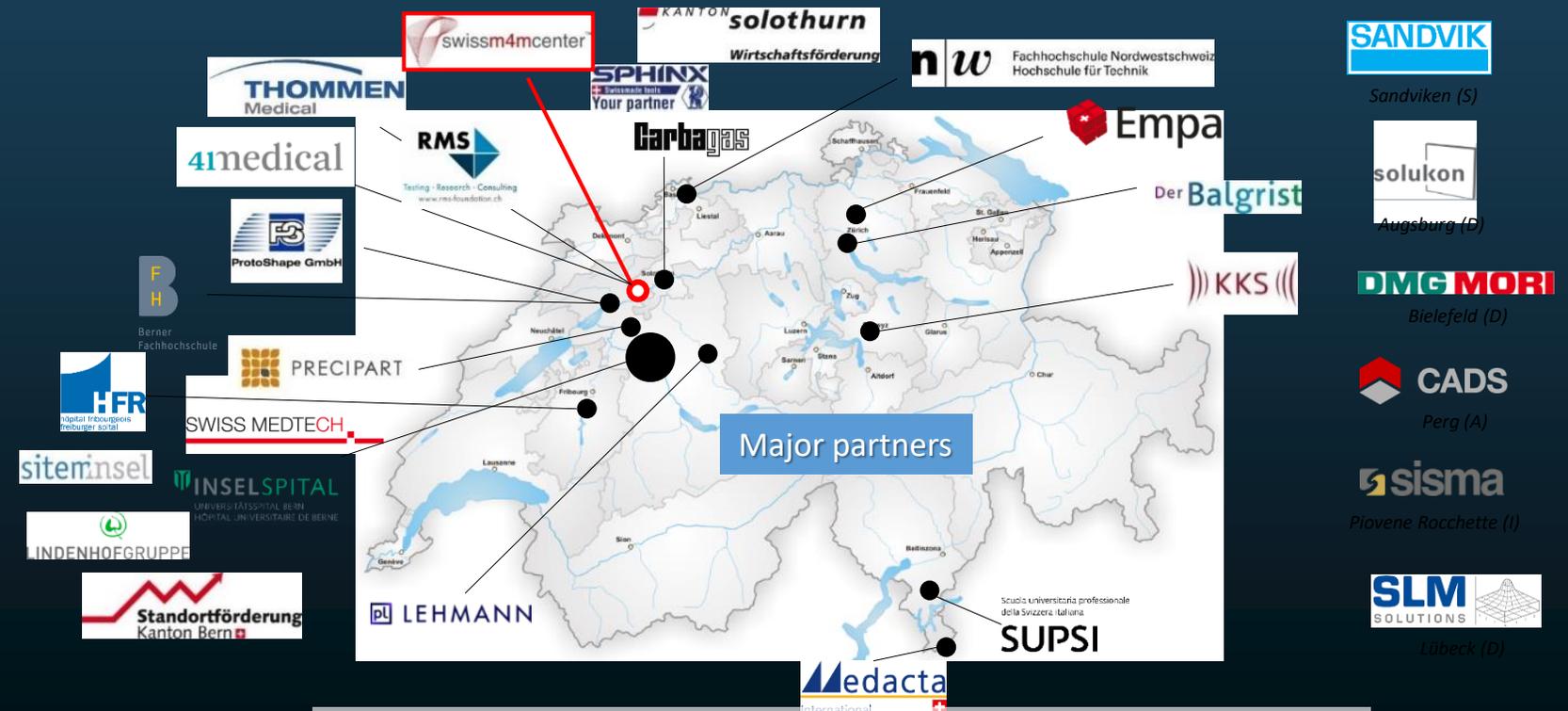


Opening 3. September 2020



Lynette Wood  
Australian Ambassador in Berlin (3.12.19)

- ISO 13485 certified 3D-Metal Printing pilot manufacturing line
- Open access infrastructure
- Large academic and industrial partner network (> 40 partners)
- Education center
- Financing: Public Private Partnership (PPP), 50% government and 50% private industry



(<https://www.swissm4m.ch/en/about-us/3D-Virtual-Tour>)

# ISO 13485 certified Process- and Supply-chain

EN ISO 13485:2016



Powder management



Additive Manufacturing



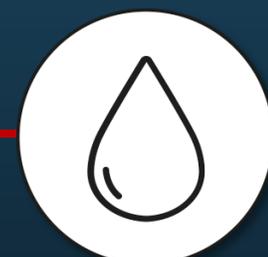
Heat Treatment



Post Treatment



Surface Modification



Cleaning & Sterilization

### 3. Nachhaltigkeit

Das US-Magazin publiziert alljährlich eine Liste der bedeutendsten Erfindungen des Jahres. 2022 war die Einweg-Batterie für eine umweltfreundliche Elektronik darunter, entwickelt von Gustav Nyströms Team im «Cellulose & Wood Materials Laboratory» der Empa.



# A propos Batterien: eine Papier- batterie mit Wasserschalter

Empa-Forschende haben eine durch Wasser aktivierbare Einweg-Batterie aus Papier für kleine Elektronikgeräte mit geringem Stromverbrauch entwickelt, etwa intelligente Etiketten zum Tracking von Objekten, Umweltsensoren oder medizinische Diagnosegeräte.



# Ein Tropfen Wasser genügt ...

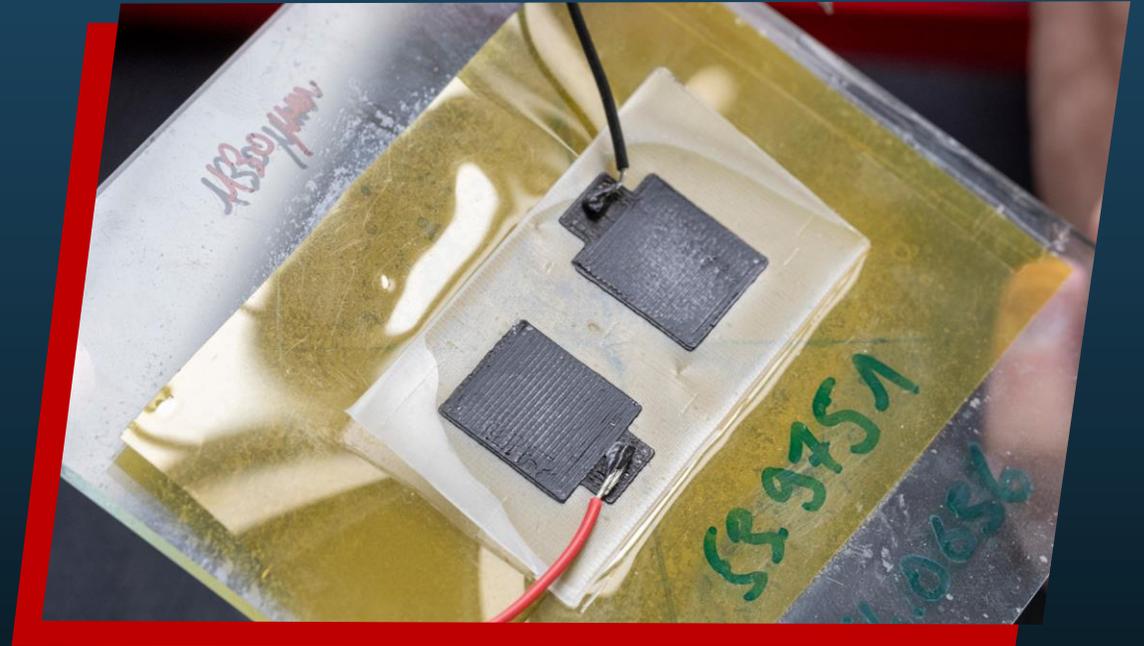
... und schon liefert die Papierbatterie Strom.



# «Grüne» Elektronik gegen e-Waste



Die Einweg-Batterie besteht nur aus Papier, Kochsalz, Graphit, Zinkpulver und Russ und ist daher unbedenklich und erst noch «kompostierbar».

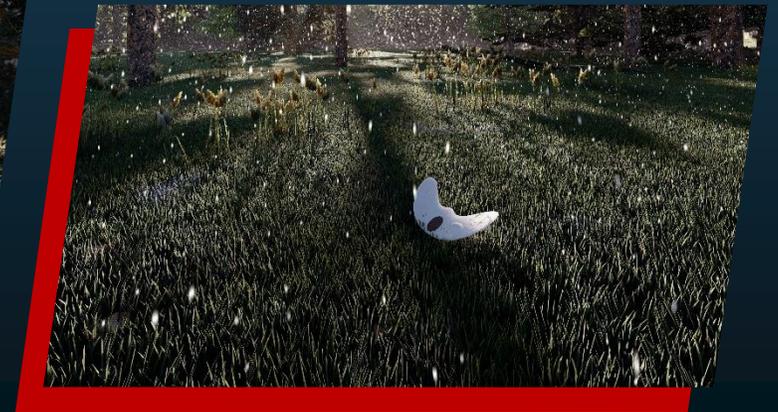
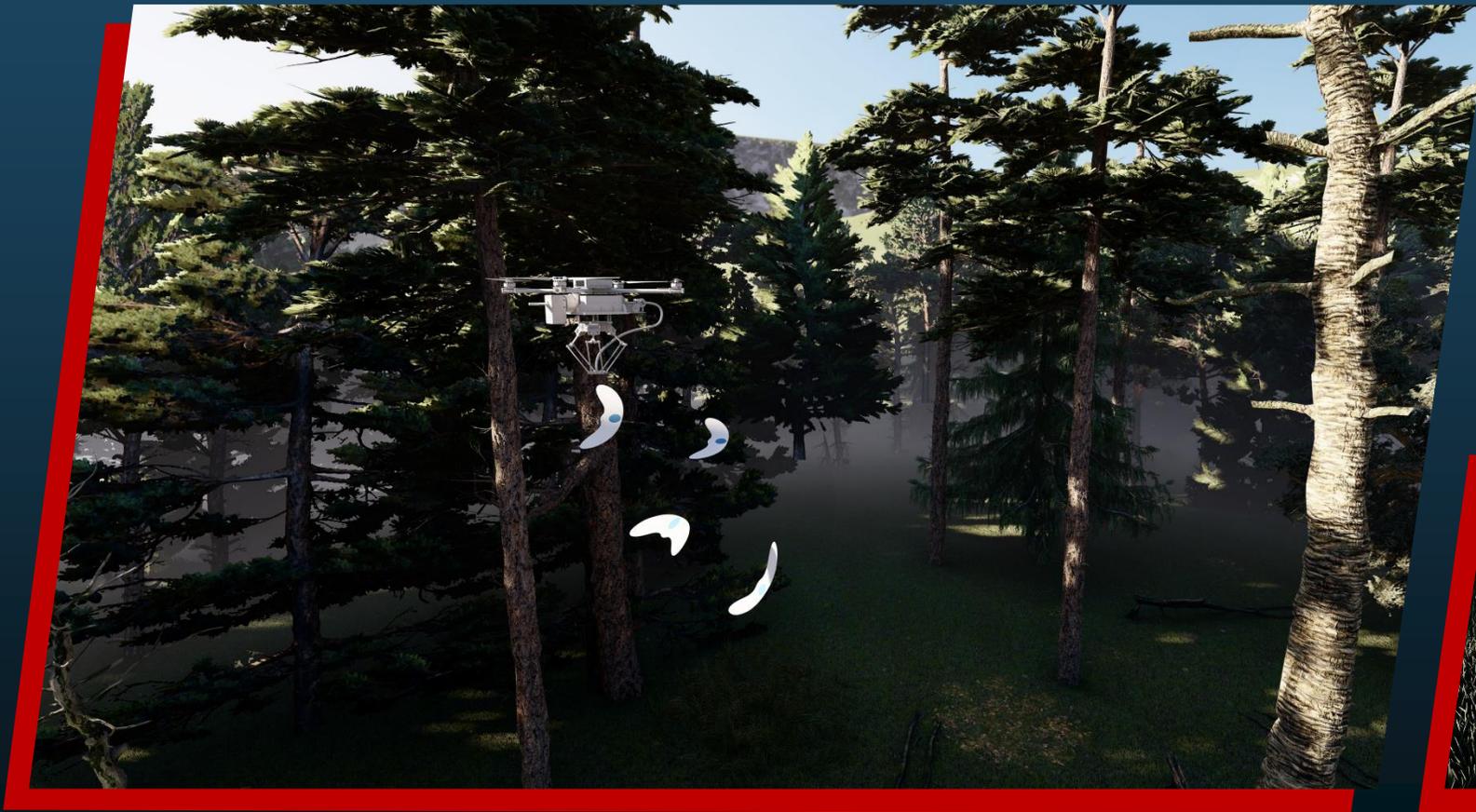


Die Umweltauswirkungen von Wegwerf-Elektronik lassen sich so deutlich minimieren.

# Vergängliche Datensammler: Bio-Gleiter



Sie sollen den Zustand von Ökosystemen, etwa im Wald, erfassen – und nach getaner Arbeit zu Staub zerfallen: Bio-Gleiter, die von Drohnen ausgesetzt werden.



# Der Natur abgeschaut



Die bioinspirierten Flugsensoren bestehen nur aus Holzabfällen und Kartoffelstärke. Am Ziel angekommen, öffnet sich die Celluloseschutzhülle, und der Sensor sammelt Umweltdaten.



Die Schwingen des Gleiters bestehen aus Kartoffelstärke, der Sensor liegt unter einem Schutzfilm aus Nanocellulose.



Vorbild aus der Natur: Samen der Java-Gurke, die meterweit durch die Luft segeln können.

# Auf dem Holzweg: «grüne» Elektronik



Bauteile für die Elektronikindustrie aus Cellulosefasern entwickeln Empa-Forschende im EU-Projekt «Hypelignum». Der Vorteil: Platinen & Co. sind biologisch abbaubar.



Sieht aus wie Elfenbein, ist völlig kompostierbar: Computermäuse aus Cellulose.

Bioabfall: Versuchsplatine nach Kompostierung

# «CircuBAT» – die Ökobilanz der E-Mobilität verbessern

Im Innosuisse Flagship-Projekt «CircuBAT» suchen sieben Schweizer Forschungsinstitutionen und 24 Unternehmen gemeinsam nach neuen Lösungen für mehr Nachhaltigkeit in allen Lebensabschnitten von Lithium-Ionen-Batterien.



# «CircuBAT»: Zusammenarbeit von Forschung & Industrie



Dank des grossen Partnernetzwerks deckt das Projekt alle Lebensabschnitte einer Batterie ab, und Erkenntnisse aus der Forschung können direkt in der Praxis getestet werden.



# Empa – The Place where Innovation Starts

+41 58 765 11 11  
contact@empa.ch

empa.ch

