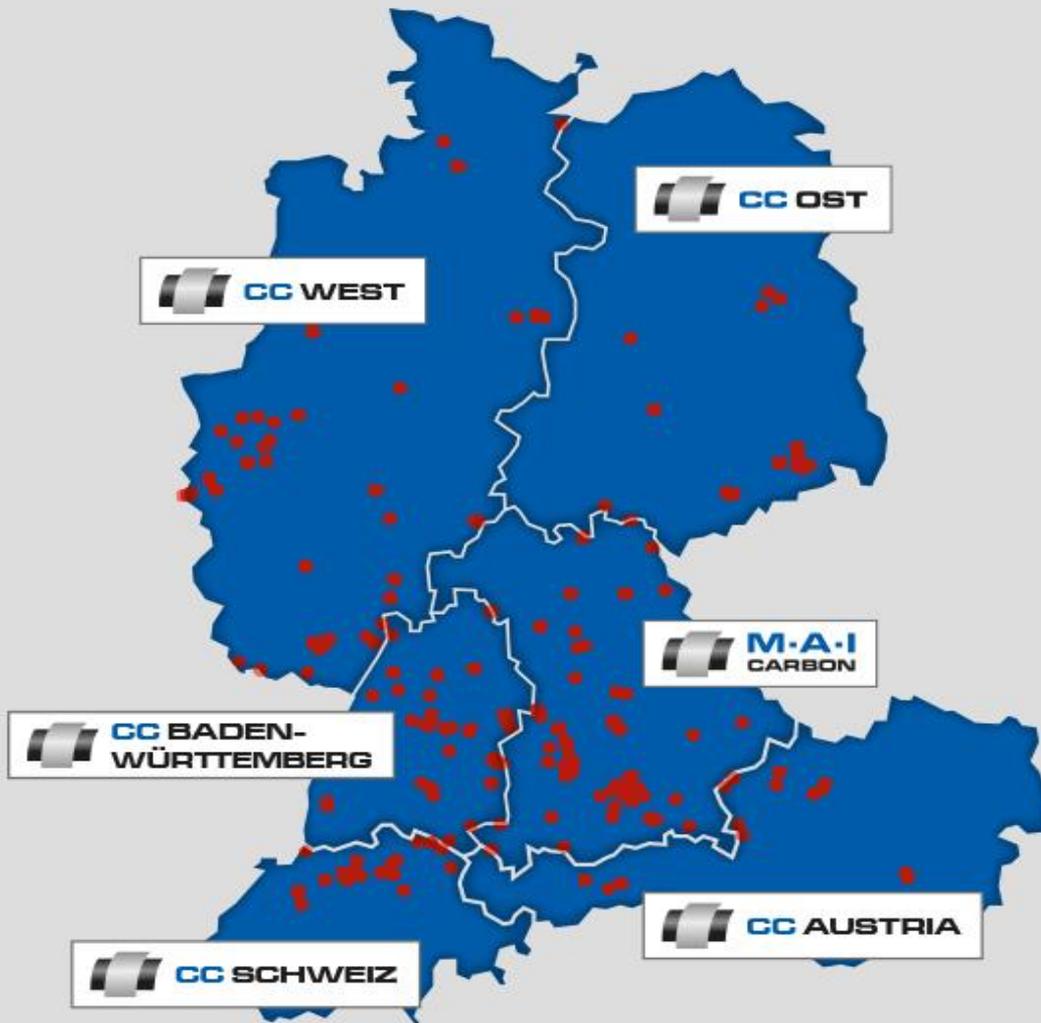


# Das Kompetenz-Netzwerk Carbon Composite e.V. (CCeV)



## CARBON COMPOSITES

### Regionalabteilungen

 CC BADEN-WÜRTTEMBERG	2014
 M-A-I CARBON	2012
 CC OST	2012
 CC WEST	2016
 CC AUSTRIA	2012
 CC SCHWEIZ	2012

### DACH-weite Fachabteilungen

 CERAMIC COMPOSITES	2008
 CC BAU	2011

# Gründung einer 'Fachabteilung CC Bau' beim Netzwerk CC e.V.



2 Bereiche werden zusammengeführt:

Textilbeton (CFK-bestimmt) +

Faser-Verstärkte Kunststoff-Bauteile (FVK, mehr GFK-bestimmt).

Betrachtete Hauptaufgabe:

“Verstärkung mit Endlosfasern” wie GFK, CFK, Textilbeton

Erweiterung des Aufgabenbereichs um:

“Automatisierte Fertigung im Bauwesen“

## Arbeitsgruppen (AGs)-Beginn:

Bemessung und Nachweis: Prof.-Dr.-Ing. habil. Ralf Cuntze\* VDI (2011)

Faserverbundarmierter Beton: Dr.-Ing. Ingelore Gaitzsch (2016)

Faserverstärkte Kunststoffe: Prof. Dr.-Ing. Jens Ridzewski (2018)

Automatisierte Fertigung: (kommissarisch: Ralf Cuntze) (2018) ⇒

**Nach Vereinigung mit  
CFK-Valley Stade zum 1.1.2019**

**und 3-jährigem Übergang zum**

**Netzwerk  
Composites United e.V. (CU)**

*initials of CU<sub>NTZE</sub>!*

**vielleicht  
weltweit größtes Kompetenz-Netzwerk (400 Mitglieder)  
in diesem technischen Bereich**

**„Automatisierte Fertigung im Bauwesen von Bauteilen mit  
Polymermatrix und Betonmatrix“**

**- Was gibt es Neues? –**

2. Thementag ‘Automatisierte Fertigung im Bauwesen‘

**DACH-Veranstaltung** aller CC Bau-AG’s, speziell AG “Automatisier. Fertigung“

*Ralf Cuntze, CC Bau, Leiter der AG “Bemessung und Nachweis”  
sowie kommissarisch “Automatisierte Fertigung im Bauwesen”*

**“Bauen neu denken”  
heißt es bei den Textilbetonbauern in Dresden.**

**“Bauen neu lernen”  
gehört für mich dazu  
und ein Teil davon ist das “Automatisierte Bauen”,  
damit wir preiswerter, nachhaltiger, qualitativ besser, und  
zukünftig auch noch schneller bauen.**

**Schauen wir bei der Fertigung von Bauteilen auf die  
Additive Fertigung mit dem Teilgebiet ‘3D-Druck’,  
dann heißt es für mich:**

***Eine kraftwegorientierte Ablage von minimaler Betonmenge  
inklusive etwaiger Faserverstärkung zu erzielen.***

***Dabei den CO<sub>2</sub>-Rucksack der riesigen Betonmenge verringern helfen !***

# Um welche Mengenverhältnisse geht es?

Ölförderung in kt Gewicht  $\equiv$  Betonmenge!

Graphic source:  
Mutel, JEC

2016

JEC  
GROUP

Concrete  
4,000,000 kT

Steel  
1,578,079 kT

Plastics  
299,000 kT

Aluminium  
49,714 kT

Aluminium  
57,770 kT (2016)

CFRP: 100 kT  
CF: 64 kT (2016)

> x500 ! by weight  
> x50 by revenues

Glass Fibre  
4,700 kT

Titanium  
192 kT

Carbon Fibre  
41 kT

wenig !

CF insgesamt / Stahl = 1/10000, in D gilt CF insgesamt/ Betonstahl  $\approx$  0.1%  
Beton / Öl = 1  
GF / CF = 100

## Einteilung der Fertigungsverfahren :

- x Subtraktive Fertigungsverfahren (**Verschnitt**)
- x Formative Fertigungsverfahren
- x Additive Fertigungsverfahren [VDI 2403]

Bei **subtraktiven** Fertigungsverfahren wird die zu erstellende Geometrie durch definierten Abtrag einzelner Volumenbereiche erzeugt. Typische Vertreter dieser Gruppe der Fertigungsverfahren sind zerspanende Verfahren wie beispielsweise Drehen, Bohren oder Fräsen.

Als **formative** Fertigung wird die Herstellung von Geometrien durch Umformen unter Einhaltung der Volumenkonstanz bezeichnet. Formative Fertigungsverfahren stellen das Tiefziehen, das Schmieden oder das Urformen dar.

**Additive** Fertigungsverfahren erzeugen eine Geometrie durch Aneinanderfügen von Volumenelementen (sogenannten "Voxeln")

# Additive Fertigungsverfahren

[AST 12; VDI 14]



Fertigungsverfahren, bei denen das Bauteil  
– im Gegensatz zu subtraktiven Verfahren –  
durch Hinzufügen von Volumenelementen oder Schichten  
direkt aus digitalen 3D-Daten automatisiert aufgebaut wird  
oder auf einem bestehenden Werkstück weitere Volumenelemente aufgebaut werden.  
Wesentliches Merkmal aller Verfahren ist der Entfall produkt-spezifischer Werkzeuge  
und Vorbereitungen (werkzeugarme Fertigung)

## **Manufacturing Types: additive ↔ subtractive**

**concrete construction** (additive) , **timber construction** (subtractive)

## **AIM: Additive Manufacturing (AM)**

design-driven manufacturing process  
for a qualified production of structural parts

**Tool: Robotics**

**Advantages:** *mechanical engineering w.r.t. 3D-Print* as one AM-process type  
design freedom (complexity), integrated functional design,  
reduction of production waste, decentralised 3D-print  
production possible, cheaper small series manufacturing  
(spare part and prototype), repair of local parts within a turbine possible

### **Disadvantages:**

investments for large size machines  
certification process

### **Materials:**

powder (polymer, metal), polymer 'filaments' etc.



## Substraktives Fertigungsverfahren

Holz-Pavillon, vom Seeigel inspiriert, aus 376 unterschiedlichen Freiform-Flächen-Bauelementen robotergestützt hergestellt und 3D-zusammengesteckt. Steckkastenprinzip [Knippers ITKE Stuttgart, Menges ICD, **Koslowski**, etc.]

BUGA-Heilbronn



**Spezielles  
Additives Fertigungsverfahren  
mit  
auf den fixen 'Fachwerk'-Knotenpunkten  
roboterabgelegten Fasersträngen.  
Leichtgewichtiger 'Faser-Pavillon'  
aus 60 CFK-/GFK-Bauelementen**

[Knippers ITKE Stuttgart, Menges ICD, **Koslowski**, etc.]

BUGA-Heilbronn

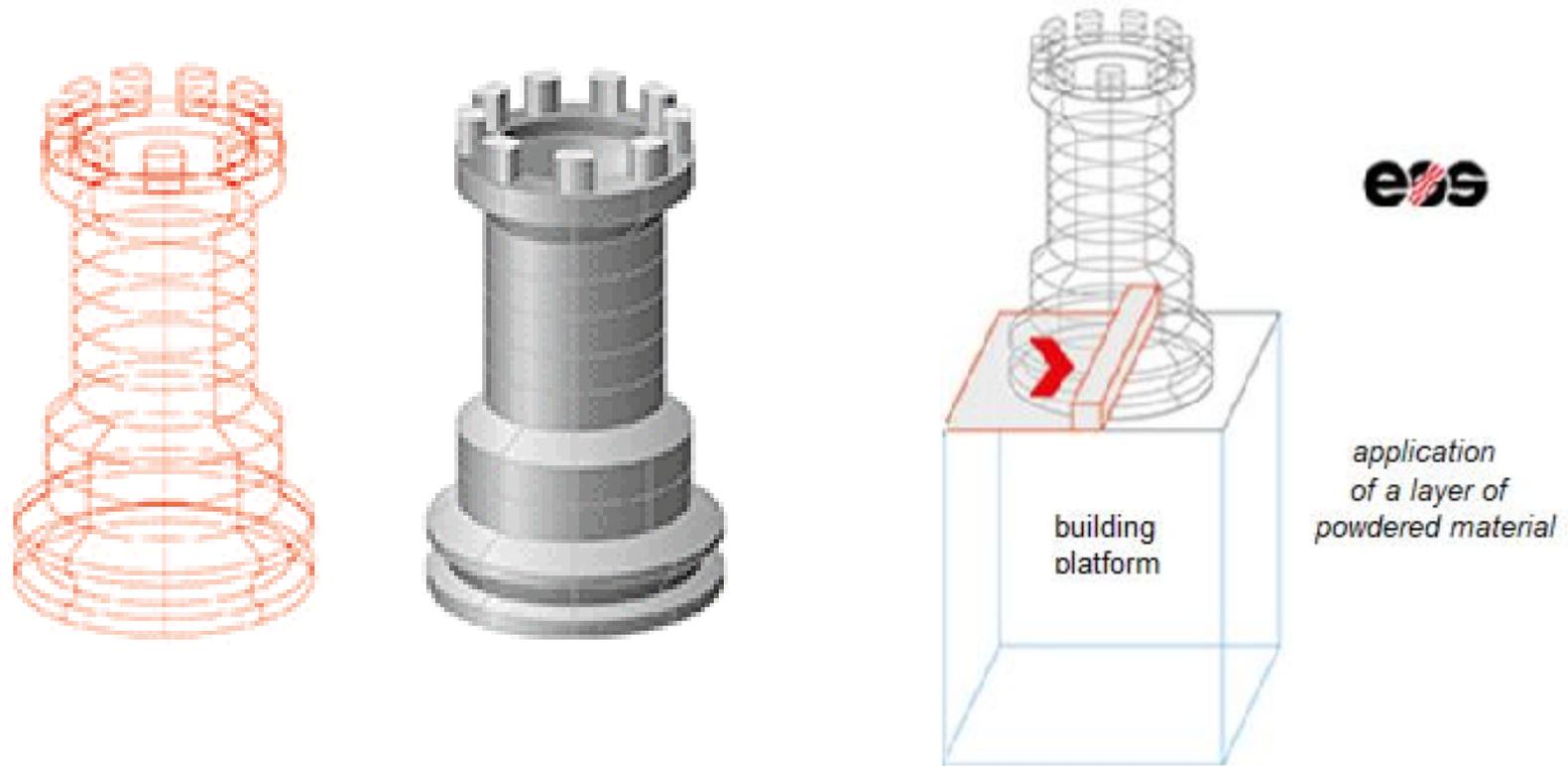


'Roving-  
Wickelmaschine'



# Additive Fertigungsverfahren

3D-Druck mit Pulver .....
Selektives Lasersintern (SLS) .....
Selektives Laserschmelzen (SLM).....
Elektronenstrahlschmelzen (EBM, Electron Beam Melting).....
Schmelzschichtung (FDM, Fused Deposition Modeling) .....
Laserauftragschweißen .....
Multi-Jet Modeling (MJM) .....
Stereolithographie (SL) .....
PolyJet .....
Laminated Object Modeling (LOM) bzw. Folienlaminier-3D-Druck
Contour Crafting (CC) .....
Film Transfer Imaging (FTI) .....
Digital Light Processing (DLP).....



### CAD-based *cross-section layer-additive* production

- \* 3D geometry model or a 3D-scan info for the robot
- \* application of a layer of powdered material (< 1mm)
- \* solidification of the material
- \* repetition: building platform is lowered for next layer, etc.
- \* loose powder removed
- \* completed part

### Example for a 3D-Print in Construction Industry:

Powder-based binder-jetting for production of formworks.

[King, Voxeljet]

Auf der Basis von digitalen 3D-Konstruktionsdaten wird durch das schichtweise Ablegen von Material ein Bauteil aufgebaut



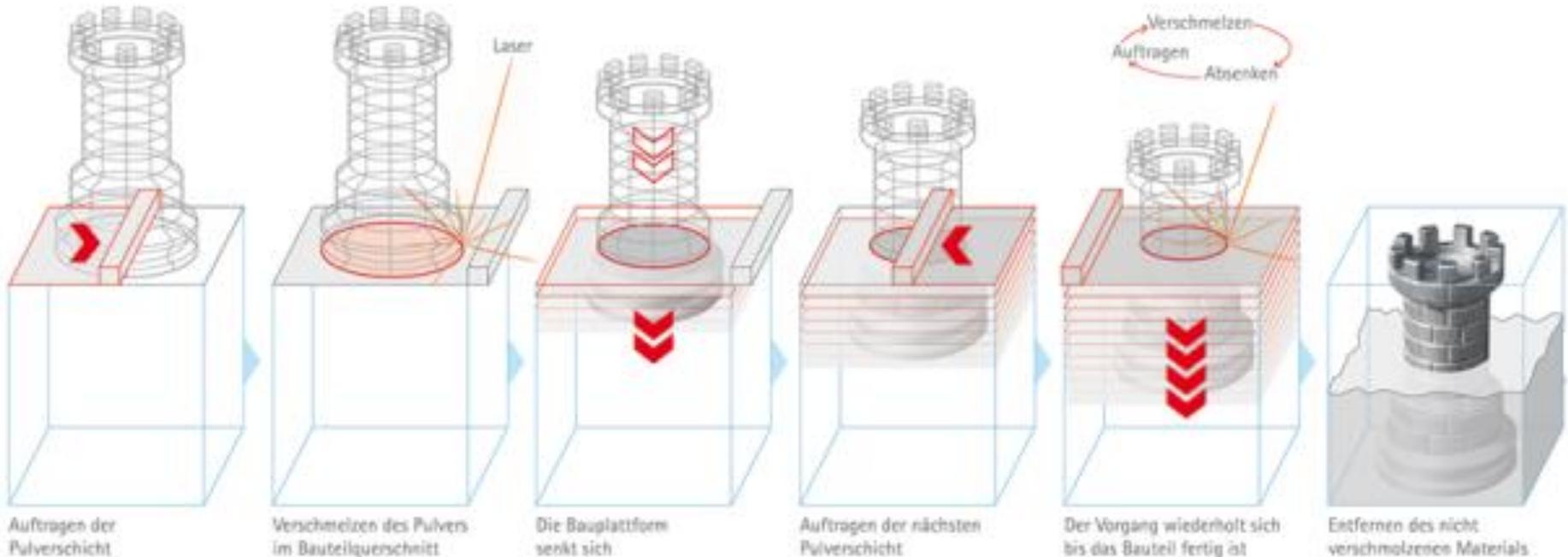
Digitales Datenmodell des Bauteils



**AM-Beispiel:  
3D-Druck**

*stereolithography*

## Allgemeines Funktionsprinzip des Laser-Sinterns



Über den Zaun schauen:

Wir dürfen im Bauwesen nicht nur an Betonmatrices denken

s. z. B. Anwendung Freek Bos

sondern auch an Polymermatrices.

Spritzgussartige Verfahren im Maschinenbau sind natürlich auf die Betonmatrix **anzupassen**

Beim PolyJet-Verfahren wird das mittels Druckköpfen aufgespritzte Material durch eine UV-Lampe verhärtet.

Die Lampe wird direkt mit den Druckköpfen mitgeführt und polymerisiert das Baumaterial unmittelbar nach dem Auftragen auf den Baukörper. **Schnell härtender Beton**

Die Geräte verfügen über zwei oder mehr Druckköpfe. Einer wird für das 'Stützmaterial' verwendet, die weiteren für verschiedene Materialien. **Gradientenbeton für Druck-Zug-Bereich damit im Spritzguss herstellbar, mit und ohne Kurzfasern**

Das PolyJet-Verfahren bietet die Möglichkeit Bauteile gleichzeitig aus verschiedenen Werkstoffen zu fertigen

## **Additiver Bau eines Gebäudes (Variante) *Freek Bos***

- CAD-Pläne für ein Gebäude werden in Steuerungsdaten für den AM-Roboter umgesetzt
- Über Betonbehälter wird schnell härtender Beton zugeführt
- Zuerst gießt der Roboter 'Schicht für Schicht' einen Rahmen mithilfe des schnell härtenden Spezialbetons. Seine computergesteuerte Spritzdüse legt ‚Betonspuren‘ ab, die von zwei seitlich angebrachten Kellen in ihre endgültige Form gebracht werden.
- Anschließend wird der Rahmen mit normalem Beton gefüllt. Es könnten auch wärmedämmende Schaumkugeln in die Hohlräume eingefüllt werden, was einfach zu recyceln ist.
- Bewehrung wäre mit Kurzfasern leicht möglich.



*Fertigteiltreppe aus Faserbeton FB.  
Precast stairs made of fiber-reinforced concrete FRC.*

[B. Wietek]

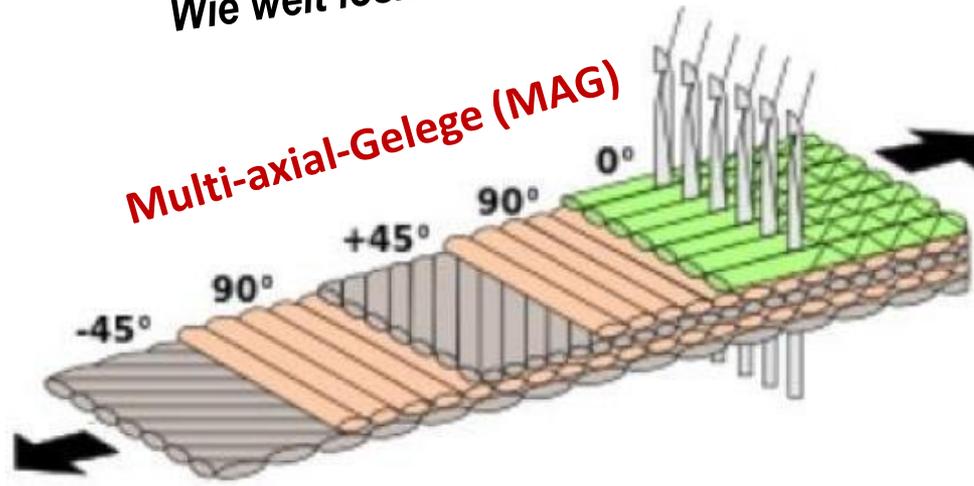


*Automatisierte Fertigung im Bauwesen.  
Erste Fertigungsschritte zum Bau eines additiv  
(kein 3D-Druck) hergestellten Wohngebäudes,  
beziehbar 2019. Spritzgußzusammensetzung:  
Kurzfaser/ Zement.  
Automated manufacturing in construction, rentable  
2019, short fiber/cement.*

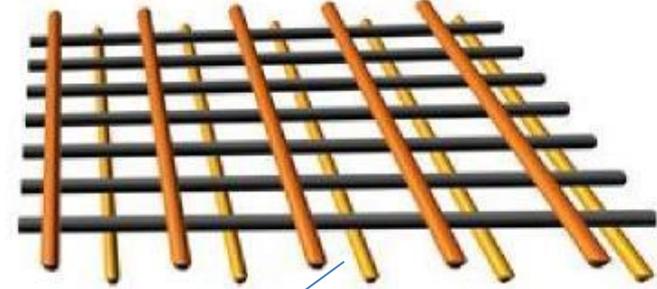
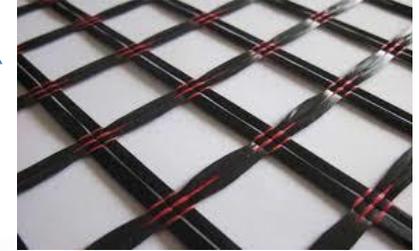
[Eindhoven University of Technology for future domestic buildings].

# Gelege, Gewebe, Textiles Gitter und Stab-Gitter (Bewehrungsmatten)

Einbringung Endlosfaser-Bewehrung:  
Wie weit lösbar?



Gitterartige Verbindungsstrukturen



**UD-Gelege (Lamelle), Gewebe, Stab-Gitter**



Geschlossene Verbindungsstrukturen

## Verwandte Verfahren im Maschinenbau

### **SMC:** Sheet Molding Compound

containing short fibers = flächige Pressmasse (CF-SMC, GF-SMC),  
Spritzguss. 2D, plattenförmiges Halbzeug mit duromerer Matrix und  
Faserverstärkung in Mattenform, eventuell auch in Gewebeform.

*(Note: Kurz- bis Langfasern < 50 mm. Umformprozess mit nachfolgender Aushärtung).* Injektionsverfahren, wobei ein Thermoplast, Duromer oder Elastomer unter Druck in die Kavität eines Spritzgießwerkzeugs eingespritzt wird.

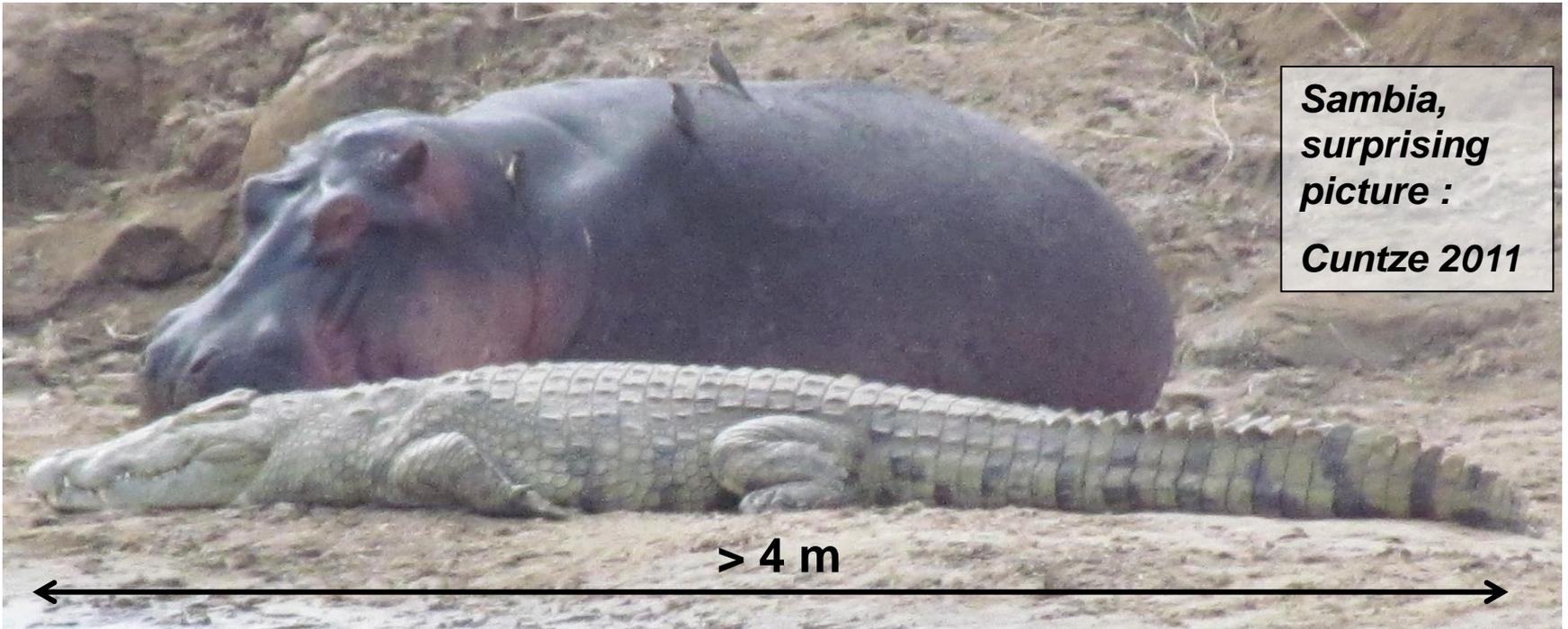
*(Note: Eventuell Kurzfasernzugabe zur Matrixverstärkung, SMC, BMC. Produktionsprozess mit zumeist < 1 mm Einzelfasern, wie z. B. GF-PA6, granuliertes rCFK-PP)*

### **BMC:** Bulk Molding Compound (Bauwesenverfahren auch!)

containing short fibers = 3D-SMC (Pressmasse, Spritzguss)

Injection moulding and shotcrete with short fibres are related,  
can be selected as Additive Manufacturing

**Es wäre schön,  
wenn die unterschiedlichen Ingenieurdisziplinen  
Maschinenbau und Bauwesen  
beim Gebrauch von Begriffen  
sich so nahe wären  
wie es Flußpferd und Krokodil zeigen!**



8:30	Registrierung der Teilnehmer mit Kaffee, Brezeln, Getränke
9:00	Einführende Worte. <i>R. Cuntze</i>
9:15	Vorstellung des Instituts. <i>M. Colletti, J. Feix</i>
9:30	3D Concrete Printing - from Lab to Practice. <i>F. Bos, Uni Eindhoven Holland</i>
10:00	Eine mögliche zukünftige Bauweise für den Hoch- und Brückenbau unter den Gesichtspunkten von Lebensdauerkosten, Qualität, Erhaltung der Flexibilität des Ortsbetonbaus und BIM. <i>J. Kurath, ZHAW Winterthur</i>
10:30	Kaffeepause
11:00	Robotergestützte Fertigung im Bauwesen <i>A. Fromm, Hochschule Wismar</i>
11:30	Integration der Bewehrung in die additive Betonfertigung. <i>V. Mechtcherine, Institut für Baustoffe, TU Dresden</i>
12:00	Material und Prozess - adaptive Strategien in der Baurobotik mithilfe von Assistenzsystemen. <i>Thomas Adams, Lehrstuhl für Individualisierte Bauproduktion, RWTH Aachen</i>
12:30	Mittagspause
13:30	Technische Umsetzung des 3D-Betondrucks in praxiserichte Fertigung. <i>E. Arner, O. Balog, Baumit GmbH Textile</i>
14:00	Modulares bauen bei Max Bögl. <i>J. Schaffrath, Max Bögl, Neumarkt in der Oberpfalz</i>
14:30	COEBRO - Additive Fabrication of Concrete Elements by Robots – Technologie und Anwendungsbeispiele. <i>A. Trummer, TU Graz</i>
15:00	Kaffeepause
15:30	Textile Bewehrung für den 3D Druck mit Beton. <i>J. Konzilia, G. Grasser, Uni Innsbruck</i>
16:00	Resümee, Abschlussdiskussion zur Inhaltsbelegung der AG "Automatisierte Fertigung im B."
16:15	Institutsbesichtigung mit "Techn. Umsetzung des 3 D Betondrucks in praxiserichte Fertigung"
	Get Together