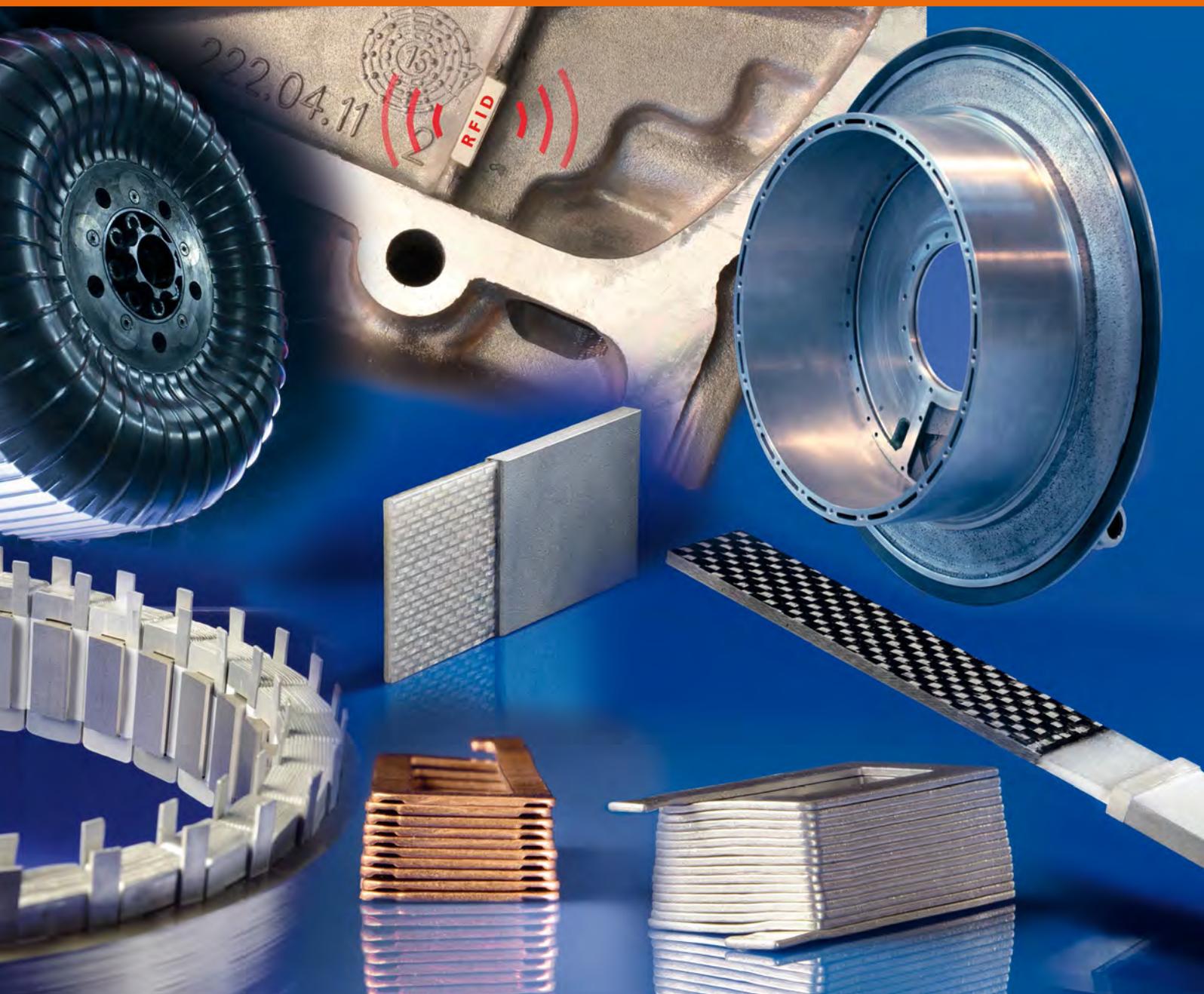


# GIESSEREITECHNOLOGIE

VON DER IDEE ZUM PRODUKT



## INHALT

GIESSEREITECHNOLOGIE	3
GIESSTECHNOLOGIEN FÜR MASSGESCHNEIDERTE GUSSBAUTEILE	4
HYBRIDGUSS UND FASERINTEGRATION	6
KOMPLEXE GUSSTEILE	8
GUSSTEILKENNZEICHNUNG UND SENSORINTEGRATION	10
KOMPONENTEN FÜR ELEKTRISCHE MASCHINEN	12
NUMERISCHE SIMULATION	15
TECHNOLOGIEBERATUNG	17
UNSER ANGEBOT	18
STANDORTE	19

# WIR VERSTEHEN WERKSTOFFE

## DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen und entwickeln für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Organisation bietet anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute mit über 23.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung.

Die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft arbeiten untereinander zusammen: Sie kooperieren in Verbänden oder bündeln je nach Anforderung unterschiedliche Kompetenzen in flexiblen Strukturen. Um themenübergreifende Lösungen für ein Geschäftsfeld gemeinsam zu entwickeln, ist das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM im Verbund Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS sowie in zehn Allianzen und der Fraunhofer Academy organisiert.

## DAS FRAUNHOFER IFAM

Das Fraunhofer IFAM ist eine der europaweit bedeutendsten unabhängigen Forschungseinrichtungen auf den Gebieten »Formgebung und Funktionswerkstoffe« sowie »Klebtechnik und Oberflächen«. Im Mittelpunkt stehen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mit dem Ziel, unseren Kunden zuverlässige und anwendungsorientierte Lösungen zu liefern. Produkte und Technologien adressieren vor allem Branchen mit besonderer Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit: Luftfahrt, Automotive, Energie und Umwelt sowie Medizintechnik und Life Sciences. Am Institut entwickelte Lösungen kommen aber auch in anderen Wirtschaftszweigen wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektronik und elektrotechnischen Industrie

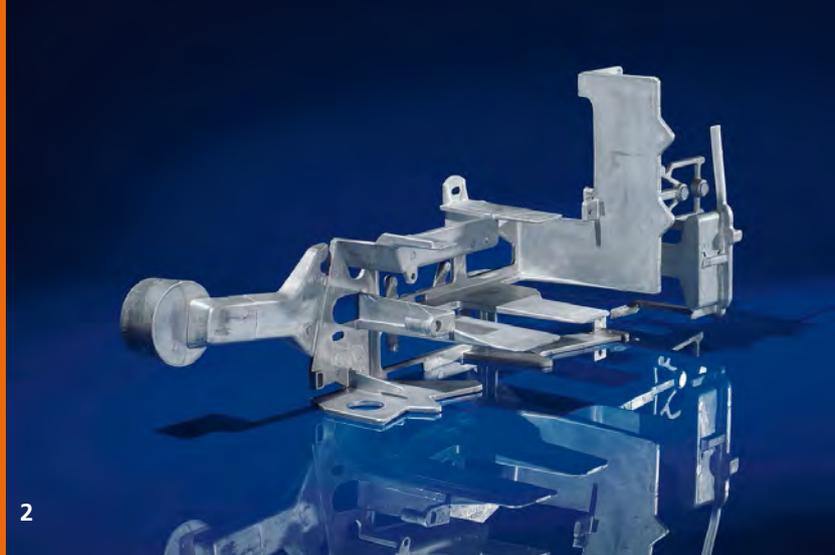
sowie dem Schiff- und Schienenfahrzeugbau oder der Verpackungs- und der Bauindustrie zur Anwendung.

Zur Realisierung dieser Aufgabe arbeiten derzeit 589 hochqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter projekt- und themenbezogen zusammen. Das Spektrum des Angebots reicht vom Werkstoff über Formgebung und Fügetechnik bis hin zur Funktionalisierung von Oberflächen, Entwicklung kompletter Bauteile oder komplexer Systeme. Dabei deckt das Fraunhofer IFAM die gesamte Wertschöpfungskette von der Materialentwicklung über das Produktdesign bis hin zur Integration in die industrielle Fertigung ab – einschließlich Pilotfertigungen und gezielten Maßnahmen zur Personalqualifizierung in neuen Technologien.

## KERNKOMPETENZEN

Das Fraunhofer IFAM ist ein materialwissenschaftlich ausgerichtetes Forschungsinstitut mit Schwerpunkten in den Bereichen metallische und polymere Werkstoffe. Das breite technologische und wissenschaftliche Know-how ist in sieben Kernkompetenzen gebündelt. Diese Kernkompetenzen – jede für sich und besonders im Zusammenspiel – begründen die starke Position des Instituts am Forschungsmarkt und bilden die Basis für zukunftsorientierte Entwicklungen.

- Pulvertechnologie
- Metallische Sinter-, Verbund- und zelluläre Werkstoffe
- Klebtechnik
- Oberflächentechnik
- Gießereitechnologie
- Elektrische Komponenten und Systeme
- Faserverbundwerkstoffe



# GIESSEREITECHNOLOGIE

## Von der Idee zum Produkt

Mit der Kernkompetenz Gießereitechnologie begleitet das Fraunhofer IFAM industrielle Kunden bei der gießtechnischen Umsetzung einer Idee vom ersten Prototyp bis zum anwendbaren Produkt. Ob technische Machbarkeitsstudie, Beratung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder Fehler- und Prozessanalysen – als Forschungs- und Entwicklungspartner für angewandte Industrieforschung liefern wir die entsprechende Dienstleistung. Passend zu der jeweiligen Fragestellung stehen unterschiedliche Gießverfahren und Werkstoffe zur Verfügung. Die langjährige Erfahrung und die am Fraunhofer IFAM aufgebaute Prozess- und Anlagentechnik für Druck- und Niederdruckguss, Lost Foam, Fein- und Sandguss sowie die numerische Simulation als auch eine umfassende Analytik und Werkstoffprüfung sind wichtige Elemente dieser Kernkompetenz.

Über die klassisch gießtechnischen Fragestellungen hinaus unterstützen wir unsere Kunden auch in technologieübergreifenden fertigungs- und werkstofftechnischen Fragestellungen. Hierzu arbeiten Projektteams aus unterschiedlichen Bereichen wie den Faserverbund- und Composite-Materialien, der Pulvertechnologie sowie der Kleb- und Oberflächentechnik des Instituts zusammen, um Fragestellungen zu Korrosion, Oberflächenbehandlung, Lacktechnik oder zur klebtechnischen Fertigung wissenschaftlich und anwendungsorientiert zu beantworten. Auf diese Weise können vollkommen neuartige Kombinationen von Technologien und Werkstoffanwendungen möglich werden.

Neben gießereitechnischer Beratung und kundenindividuellen Projekten stehen folgende thematische Schwerpunkte im Fokus der Forschung:

### Hybridguss und Faserintegration

*CFK-Aluminium-Hybridguss*

*Integration von Faser- und Drahtstrukturen im Gussbauteil*

### Komplexe Gussteile

*Salzkerne und verlorene Kern-Techniken*

*Lost Foam und Feinguss zur Herstellung hochkomplexer Geometrien*

### CAST<sup>TRONICS</sup>® – RFID-Gussteilkennzeichnung und Sensorintegration

*Gussteilkennzeichnung mit RFID-Transpondern*

*Zustandsüberwachung durch Sensorintegration*

### Komponenten für elektrische Maschinen

*Gegossene Spulen*

*Gussteile für Elektromotoren*

### Kontakt Gießereitechnologie

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann MBA

Abteilungsleiter

Telefon +49 421 2246-225

franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Wi.-Ing. Christoph Pille

Gruppenleiter

Telefon +49 421 2246-227

christoph.pille@ifam.fraunhofer.de

1 Schäumen von Gießmodellen für das Lost Foam-Gießverfahren.

2 Druckgussbauteil mit komplexer Geometrie.



# GIESSTECHNOLOGIEN FÜR MASSGESCHNEIDERTE GUSSBAUTEILE

Mit modernsten Gießereieinrichtungen erarbeiten Wissenschaftler und Techniker Lösungen für kundenspezifische Fragestellungen. Flexible Teamstrukturen mit unterschiedlichen Technologiekompetenzen sind ein wichtiger Erfolgsfaktor, um innovative Gussprodukte zu entwickeln und weitere Marktsegmente zu erreichen. Hierbei werden neue Ansätze verfolgt, die der klassischen Gießereitechnik zusätzliche Vorteile durch integrierte Funktionalitäten verleihen. Bei den Weiterentwicklungen fließen stets die Anforderungen der industriellen Fertigung sowie die Forderungen zur Schonung von Ressourcen ein.

Das Gießereitechnikum am Fraunhofer IFAM stellt eine Vielfalt an flexibel einsetzbaren Gießverfahren zur Verfügung. Eine Verfügbarkeit im industrienahen Serienmaßstab ist typisch bei Fraunhofer und bietet beste Voraussetzungen für die erfolgreiche Bearbeitung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Zu den verwendeten Gusswerkstoffen gehören Aluminium, Magnesium, Zink, Kupfer, Stahl sowie kundenindividuelle Sonderlegierungen. Weiterhin werden Sonderwerkstoffe wie Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe entwickelt bzw. verbessert und so neue Applikationsfelder für gießtechnische Anwendungen und Gussbauteile erschlossen. Die numerische Simulation von gießtechnischen Verfahren sowie eine umfassende Analytik runden die Kompetenzen ab.

---

## Druckguss

---

Der Druckguss zeichnet sich durch höchste Produktivität und Reproduzierbarkeit aus. Am Fraunhofer IFAM steht dafür die Kaltkammer-Druckgießtechnik zur Verfügung. Neben herkömmlichen Gussteilen werden Bauteile mit permanenten und verlorenen Kernen – zum Beispiel Salzkerne – entwickelt, Faser-, Draht- und CFK-Strukturen im Hybridgussverfahren inte-

griert, poröse Materialien wie Keramiken mit Metallschmelze infiltriert sowie RFID-Transponder zur Gussteilkennzeichnung direkt mit eingegossen.

---

## Niederdruckguss

---

Beim Niederdruckguss erfolgt die Schmelzuführung laminar und unter kontrollierten Bedingungen, wodurch Gussteile mit höchsten Qualitätsansprüchen mit reduzierter Porosität und ohne Einschluss von Oxiden realisiert werden können. Die flexibel konfigurierbare Niederdruckguss-Anlage am Institut ermöglicht das Vergießen unterschiedlichster Schmelzen wie Aluminium, Magnesium, Gusseisen, Stahl und Kupfer in verschiedene Formmaterialien wie Stahlkokillen, Sand- und Keramikformen. Durch die indirekt induktive Erwärmung können auch individuelle Sonderwerkstoffe wie z. B. Salzmischungen zur Herstellung von im Druckguss einsetzbaren Kernen vergossen werden.



2



3

## Lost Foam

Mit der Lost Foam-Technologie werden komplexe Bauteile direkt endformnah gegossen. Die Komplexität wird durch das Fügen von Polymerschäumsegmenten zu einem verlorenen Gießmodell erreicht, wodurch komplexe Gussteile mit innen liegenden Kühlkanälen oder komplizierten Hinterschneidungen erreicht werden. Während des Gießprozesses zersetzt die thermische Energie der Schmelze den Modellwerkstoff und füllt den entstandenen Formhohlraum detailgetreu aus. Im Gießereitechnikum steht die vollständige Prozesskette zur Herstellung der Gießmodelle mittels Rapid Prototyping oder dem seriennahen Schäumen bis zum Abgießen von Aluminium, Stahl, Gusseisen sowie Sonderwerkstoffen für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Verfügung – einzigartig in Europa. Es wird die Entwicklung neuer Gussteile (z. B. Motorenhäuser mit komplexen Kühlkanälen) ebenso ermöglicht wie die Fertigung von Prototypen und Funktionsmustern bis hin zur Vorserie. Das Fraunhofer IFAM ist führender Forschungspartner in der Lost Foam-Technologie und arbeitet über den Verbund des Lost-Foam-Council e. V. Hand in Hand mit der Industrie.

## Feinguss

Besonders anspruchsvolle und filigrane Strukturen mit hochwertigen Oberflächen bietet der Feinguss. Für den Feinguss können am Fraunhofer IFAM Wachsmuster im Wachs-Spritzguss oder Rapid Prototyping hergestellt werden. Die Modelle werden anschließend mit einem Angusssystem versehen, in keramische oder gipsgebundene Einbettmassen eingepreßt und ausgeschmolzen – so entsteht die Feingussform im Blockformverfahren. Für den Abguss stehen unterschiedliche Feingießanlagen zur Verfügung, auf denen verschiedenen Legierungen auf Basis von z. B. Aluminium

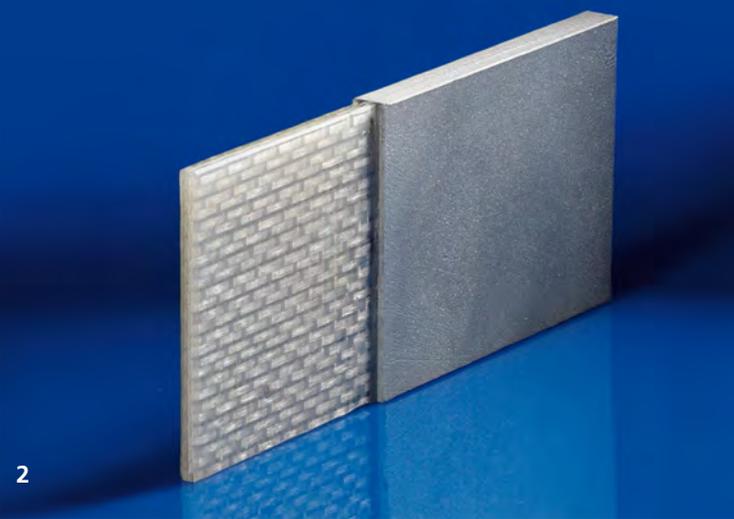
und Kupfer aber auch Sonderlegierungen und reine Metalle vergossen werden können.

## Sandguss

Der Sandguss wird im Handformverfahren praktiziert. Er eignet sich für einfache bis hin zu komplexen Geometrien durch den Einsatz verlorder Kerne. Zur Formherstellung werden Modelle aus Holz oder Metall verwendet.

→ [www.ifam.fraunhofer.de/gt](http://www.ifam.fraunhofer.de/gt)

- 1 *Brennen von Gießformen für den Feinguss im Blockformverfahren.*
- 2 *Abguss von Stahlschmelze im Sandguss mit Sandkernen (© sorapolujjin/Fotolia).*
- 3 *Kaltkammer-Druckgießmaschine Bühler SC N/66 im Gießereitechnikum des Fraunhofer IFAM. (© GFG/Thomas Kleiner).*



# HYBRIDGUSS UND FASERINTEGRATION

## VERBINDUNGEN SCHAFFEN UND MECHANISCHE FESTIGKEITEN STEIGERN

Unter dem Themenfeld »Hybridguss und Faserintegration« wird die materialtechnische Integration von Faser- und Drahtstrukturen in Gussteile zur Optimierung und Beeinflussung mechanischer Eigenschaften sowie die gießtechnische Verbindung von Faserverbundwerkstoffen und Metallguss verstanden, vor allem zwischen CFK und Aluminiumguss. Die Herausforderungen liegen dabei sowohl in der Positionierung von Faser- und Drahtthalbezeugen im Gießwerkzeug, dem Infiltrationsverhalten und dem notwendigen Aufbringen einer Vorspannung als auch im Realisieren einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen Guss und Faser- bzw. Drahtstruktur. Für eine Verbindungstechnik zwischen Gussteil und Faserverbundwerkstoff werden in der Regel Glasfaserstrukturen eingesetzt. Die Optimierung mechanischer Eigenschaften erfolgt vorzugsweise durch Faserstrukturen zur Erhöhung der Steifigkeit oder mithilfe von Drahtstrukturen zur Verbesserung des Bruchverhaltens bis hin zum Fail-Safe-Verhaltens im Schadensfall.

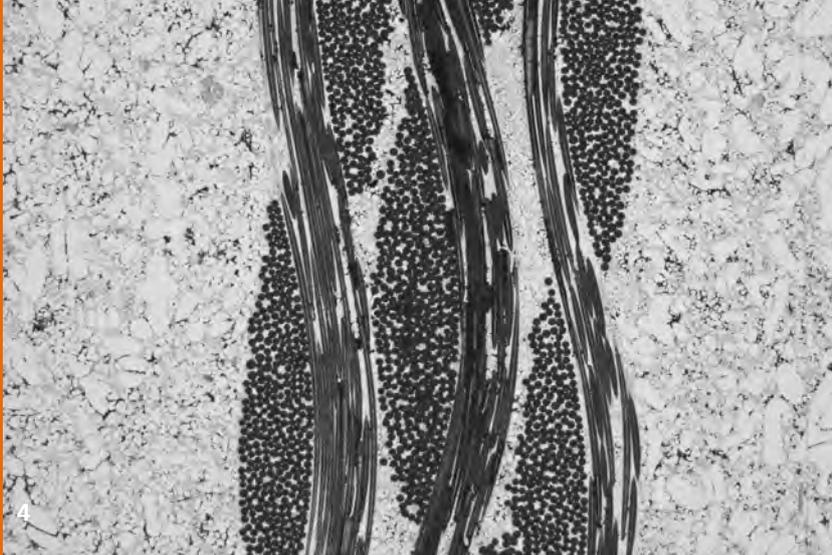
### Hybridguss von CFK-Aluminium-Verbindungen

Im Zuge aktueller Leichtbauentwicklungen steigt der Bedarf an hochintegrierten Leichtbaustrukturen und neuen Konzepten für Multi-Material-Design. Eine besondere Schlüsselrolle ist die Füge-technologie für Gussteile mit verschiedenartigen Leichtbauwerkstoffen. Am Fraunhofer IFAM werden dazu neue Lösungsansätze für verschiedene Verbindungsarten der Leichtbauwerkstoffe Aluminium und CFK entwickelt. Eine Übergangsstruktur aus Glasfasern oder temperaturbeständigem Kunststoff zwischen den zu fügenden Materialien Aluminium und CFK bildet den Übergang vom Metall zum Faserverbundwerkstoff unter Berücksichtigung von faserge-rechtem Design sowie der Realisierung einer galvanischen Entkopplung zwischen CFK und Aluminium zur Vermeidung elektrochemischer Korrosionseffekte. Im Vergleich zu konventionellen Verbindungstechniken ergeben sich die Vorteile eines reduzierten Bauraums bei gleichzeitig geringerem Gewicht. Bei einer Beschädigung des Faserverbundbauteils lassen sich die gegossenen metallischen Verbindungsbereiche

einfach lösen und das Faserverbundbauteil kann mithilfe der metallischen Anschlusselemente auf einfache Weise ersetzt werden.

### Faserintegration

Zur Steigerung mechanischer Kennwerte wie Zugfestigkeit oder Steifigkeit ist im Kunststoffguss die Integration verstärkender Fasern eine etablierte Technologie. Auf dieser Grundlage erarbeitet das Fraunhofer IFAM serienfähige Prozesse zur gießtechnischen Integration von Glas-, Keramik- oder Kohlenstofffasern direkt in das Gussteil. Dabei können die Fasern sowohl ganzheitlich als auch nur lokal in ausgewählten Bereichen integriert werden. Besondere Herausforderungen liegen in der anwendungsspezifischen Auswahl und dem Design des Fasersystems, einer optimalen Anbindung der Fasern an die Gussmatrix und einer lagetreuen Positionierung der Fasern im Gießwerkzeug sowie im späteren Gussteil.



## Drahtintegration

Für hochbelastete Bauteile wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung »Zellulare metallische Werkstoffe« eine Methode entwickelt, die mechanischen Eigenschaften von Leichtmetallgussteilen zu verbessern. Durch das lokale Eingießen von 3D-Drahtstrukturen können z. B. die Warmfestigkeit, die Schlagarbeit und das Bruchverhalten von Aluminium- und Magnesiumgussteilen bei nur geringer Dichteerhöhung deutlich verbessert werden. Die daraus resultierenden, erhöhten massenspezifischen Materialeigenschaften ermöglichen es, innerhalb des Gussteils ein angepasstes Fail-Safe-Verfahren einzustellen. Sowohl die verwendeten Drahtmaterialien als auch die Maschenweite können in weiten Bereichen variiert werden, wodurch auch die Eigenschaften der Gussteile flexibel einstellbar sind. Die Herausforderungen bei der Integration verstärkender Strukturen sind eine stoffschlüssige Verbindung der Verstärkungsstruktur mit der Gussmatrix sowie eine gute Auswahl der verwendeten Materialien.

## Funktionsintegration – Eingießen von Einlegeteilen

Der Begriff »Funktionsintegration« umschreibt die gießtechnische Integration von z. B. Kleinteilen oder Verbindungselementen wie Hülsen, Rohre, Gewindeeinsätze oder Bolzen. Die Herausforderungen für eine erfolgreiche Integration direkt in das Gussteil liegen in der Positionierung des Einlegeteils im Gießwerkzeug, einer automatisierbaren Bereitstellung und Zuführung sowie in der Gewährleistung einer form-, kraft- oder stoffschlüssigen Einbindung in die Gussmatrix.

## Kontakt Hybridguss

Robin van der Auwera M.Sc.

Projektleiter

Telefon +49 421 2246-178

robin.auwera@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Jan Clausen

Projektleiter

Telefon +49 421 2246-273

jan.clausen@ifam.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Marco Haesche

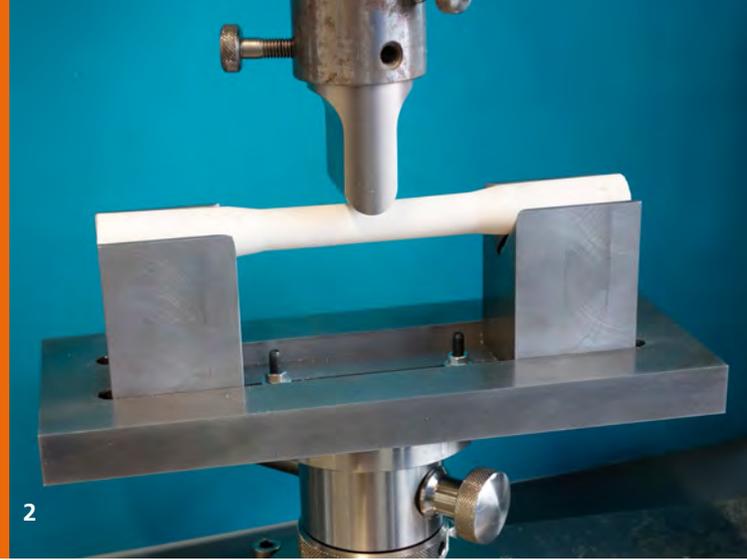
Projektleiter

Telefon +49 421 2246-119

marco.haesche@ifam.fraunhofer.de

→ [www.ifam.fraunhofer.de/hybridguss](http://www.ifam.fraunhofer.de/hybridguss)

- 1 CFK-Aluminium-Hybridverbindung mit gießtechnisch in Aluminium integriertem Glasfaserlaminat als Übergangsmaterial.
- 2 Keramikfaser-Aluminium-Hybridverbindung hergestellt im Aluminiumdruckguss.
- 3 3D-Drahtstruktur verstärkte Leichtmetalldruckgussmatrix.
- 4 Schliffbild einer Hybridgussmatrix mit infiltrierten Glasfasern im Aluminiumdruckguss.



## KOMPLEXE GUSSTEILE

### FÜR JEDE GEOMETRIE DAS PASSENDE GIESSVERFAHREN

Am Fraunhofer IFAM werden Technologien zur Herstellung von Gussteilen mit komplexen Geometrien entwickelt, die auf herkömmliche Weise wegen mangelnder Entformbarkeit, komplizierten Hinterschneidungen oder integrierter Hohlräume gießtechnisch nicht herstellbar wären.

#### Verlorene Kerne – Hohlräume ohne Schiebertechnik

Ein Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung von **verlorenen Kernen (Nonpermanentkerne)**. Bei Gießverfahren wie dem Druck-, Kokillenguss oder Sandguss lassen sich komplexe Geometrien nur durch den Einsatz von verlorenen Kernen realisieren. Insbesondere für den Einsatz im Druckguss müssen die Kerne höchsten Anforderungen standhalten. Hierzu sind hohe Festigkeiten erforderlich, um den Eingießprozess unbeschadet zu überstehen. Zugleich müssen die Kerne anschließend auf einfache Weise aus dem gegossenen Bauteil entformt werden können. Das Fraunhofer IFAM entwickelt neue Verfahren zur Herstellung verlorener Kerne aus unterschiedlichen Materialien für den Einsatz in verschiedenen Gießverfahren.

Eine Möglichkeit bietet der Einsatz gegossener **Salzkern**e, die aufgrund ihrer hohen thermischen und mechanischen Stabilität sogar dem Druckgießverfahren standhalten. Im Kompetenzfeld Gießereitechnologie werden neue Verfahren zur gießtechnischen Herstellung von Salzkernen entwickelt und maßgeschneiderte Salzmischungen zur Verbesserung der gießtechnischen und mechanischen Eigenschaften erarbeitet. Prototypen und Funktionsmuster für Salzkern e können ebenso angeboten werden wie die Planung und Durchführung von Pilotserien. Darüber hinaus werden innovative Technologien zur Kernherstellung verfolgt, bei denen kein Aufschmelzen der Salzmischungen erforderlich ist.

Die Schwerpunkte im Themenfeld »verlorene Kerne« liegen in folgenden Bereichen:

- Entwicklung alternativer Herstellungsverfahren und Materialien für verlorene Kerne
- Herstellung von Salzkernen in den Verfahren Niederdruckguss, Lost Foam, Kokillenguss
- Gießsimulation von gegossenen Salzkernen
- Charakterisierung von Salzkernen (gießtechnologische Eigenschaften, Mikrogefüge, mechanische Prüfung, Porenanalyse, Schrumpfung- und Schwindungseigenschaften)
- Eingießen von Salzkernen in verschiedene Metallgussverfahren
- Technologien zum Auflösen und Entfernen der Kerne

#### Kontakt Verlorene Kerne

Michael Heuser M.Sc.

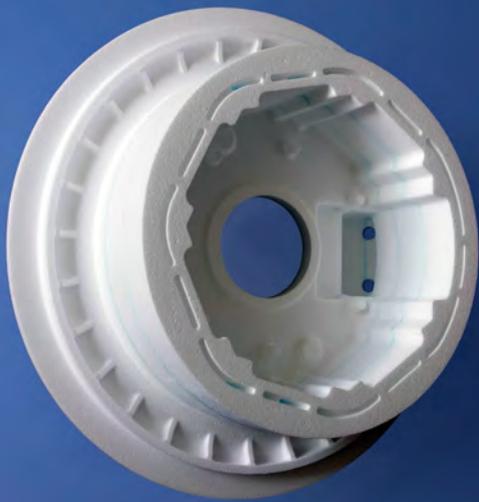
Projektleiter

Telefon +49 421 2246-118

michael.heuser@ifam.fraunhofer.de

- 1 *Im Kokillenguss hergestellte Salzkern e verschiedener Salzmischungen.*
- 2 *Untersuchung von Salzkernen im Biegeversuch.*

3



4



## Gießtechnologien mit verlorenen Modellen und Formen

Komplexe Gussteile mit anspruchsvollen Geometriedetails können mit dem **Lost Foam**-Verfahren, dem **Feinguss und dem Niederdruckguss** in unterschiedlichen Metalllegierungen realisiert werden. Insbesondere die Verfahren Lost Foam und Feinguss liefern endformnahe, höchst komplexe Bauteile direkt aus einem Guss, ohne Grate oder aufwendige Entkernung. Alle drei Verfahren eignen sich für eine schnelle Fertigung von Einzelteilen, Prototypen und Funktionsmustern, die zudem unkompliziert in die industrielle Serienfertigung umgesetzt werden können.

Für Gussteile mit mittleren bis großen Abmessungen und zugleich komplexer Geometrie aufgrund von Hinterschneidungen, integrierten Hohlräumen oder Kanälen bietet das **Lost Foam**-Verfahren herausragende Möglichkeiten. Die Komplexität wird durch das Fügen von Polymerschaumsegmenten zu einem einheitlichen Modell erreicht. Während des Gießprozesses zersetzt die thermische Energie der Schmelze den Modellwerkstoff und füllt den entstandenen Formhohlraum detailgetreu aus. Dadurch ergibt sich eine exakte geometrische Nachbildung des Modells durch die Schmelze.

Der **Feinguss** ist speziell für kleine Bauteile mit komplexer Geometrie und hervorragenden Oberflächen geeignet. Dazu werden Wachsmodelle im Spritzguss oder Rapid Prototyping Verfahren hergestellt – die Basis für die verlorenen Keramikgussformen. Im Ofen wird das Wachs ausgeschmolzen und die Gussform für den Abguss vorgewärmt. Der Abguss erfolgt mit Differenzdruck und unter Schutzgas, wodurch neben Standardschmelzen auch Sonderlegierungen und reine Metalle verarbeitet werden können. Das Fraunhofer IFAM nutzt den Feinguss für Gussteile mit hoher Maßhaltigkeit, sehr guter Oberflächengüte und Detailstärke.

Die flexibel konfigurierbare Anlagentechnik für den **Niederdruckguss** am Institut ermöglicht das Vergießen unterschied-

lichster Schmelzen wie Aluminium, Magnesium, Gusseisen, Stahl und Kupfer in verschiedene Formmaterialien wie Stahlkokillen, Sand-, Keramik- oder Stahlformen. Durch die Kombination verschiedener Formmaterialien – vorwiegend Sand oder Keramiken – in Verbindung mit unterschiedlichsten Materialien für verlorene Kerne, ermöglicht der Niederdruckguss die Herstellung komplexer Gussteile mit hohen Qualitätsansprüchen und dichtem Gefüge.

### Kontakt Lost Foam

Dipl.-Ing. Jan Clausen  
Telefon +49 421 2246-273  
jan.clausen@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Daniela Pille M.Sc.  
Telefon +49 421 2246-108  
daniela.pille@ifam.fraunhofer.de

### Kontakt Feinguss

Dipl.-Ing. (FH) Daniela Pille M.Sc.  
Telefon +49 421 2246-108  
daniela.pille@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Wi.-Ing. Thomas Rahn  
Telefon +49 421 2246-219  
thomas.rahn@ifam.fraunhofer.de

### Kontakt Niederdruckguss

Dr.-Ing. Marco Haesche  
Telefon +49 421 2246-119  
marco.haesche@ifam.fraunhofer.de

Michael Heuser M.Sc.  
Telefon +49 421 2246-118  
michael.heuser@ifam.fraunhofer.de

- 3 *Lost Foam-Modell zum Gießen eines Statorgehäuses für einen Radnabenmotor mit integriertem Kühlmantel.*  
4 *Gussgehäuse mit integriertem Wassermantel und Kühlkanälen für einen Elektromotor.*



# GUSSTEILKENNZEICHNUNG UND SENSORINTEGRATION

CAST<sup>TRONICS</sup>®

Die CAST<sup>TRONICS</sup>®-Technologie ermöglicht das direkte Eingießen elektronischer und adaptronischer Funktionselemente im Druckgussverfahren. Dadurch bieten sich im Gegensatz zu konventionellen Gussbauteilen erweiterte elektronische, sensorische oder aktorische Funktionalitäten.

## RFID-Kennzeichnung für Gussteile aus Metall

Bisher war die **Kennzeichnung von metallischen Gussteilen** auf konventionelle Methoden wie Barcode oder Data-Matrix-Code (DMC) beschränkt. Am Fraunhofer IFAM werden RFID-Transponder in Gussteile integriert, die eine elektronische, funkbasierte Kennzeichnung und Erkennung von Gussprodukten ermöglichen. Der RFID-Transponder kann nachträglich auf bereits bestehende Gussteile angebracht als auch direkt während des Gießens mit dem patentierten CAST<sup>TRONICS</sup>®-Verfahren in das Gussteil integriert werden.

Die etablierte **RFID-Technologie** steht für eine elektronische, kontaktlose und smarte Kennzeichnung von Produkten und Bauteilen (RFID = Radio Frequency Identification) und gilt als konsequente Weiterentwicklung bisheriger Kennzeichnungsmethoden. Der RFID-Transponder besitzt eine weltweit einmalige Seriennummer und kann zudem um kundenindividuelle Codierungen ergänzt werden, um somit eine eindeutige Kennzeichnung zu gewährleisten. RFID arbeitet per Funk, benötigt keinen Sichtkontakt, ist prozesssicher sowie nahezu unsichtbar und bietet somit Vorteile in der industriellen Anwendung:

- Elektronische Codierung ohne optische Markierungsmerkmale
- Gleichzeitiges Identifizieren mehrerer Gussteile möglich

- Resistent gegenüber rauen Industrieumgebungen sowie Verschmutzung oder Beschädigung der Gussteiloberfläche
- Höhere Sicherheit bei Datenintegrität und Lesequote
- Verschlüsselung der Informationen möglich
- Plagiatschutz für Gussteile
- VDA-konforme Codierung

Das Gussteil ist bereits ab dem Ausformen aus dem Gießwerkzeug eindeutig gekennzeichnet und kann nicht mehr vertauscht werden. Auch eine Fälschung ist ab jetzt nicht mehr möglich. Beschädigung, Verlust oder Manipulation – mit der CAST<sup>TRONICS</sup>®-Technologie ist die Codierung des Gussteils geschützt. Im Gegensatz zu visuellen Kennzeichnungsmethoden sind Bauteile mit integriertem Transponder auch nach einer Oberflächenbehandlung, z. B. aufgrund von Beschichtung, Strahlen oder Verschmutzung noch eindeutig identifizierbar.

Der im Gussteil eingegossene Transponder bietet neben der reinen Erkennung auch eine Funktion zum **Plagiatschutz** als elektronisches Echtheitssiegel gegen Produktpiraterie und Verwechslung. Der integrierte Chip kann ohne sichtbare Beschädigung des Gussteils nicht mehr entfernt werden, ein Austausch ist nicht möglich.

Das Fraunhofer IFAM unterstützt die Gießereindustrie bei dem vorausschauenden, frühzeitigen Einstieg in die RFID-Technologie. Sind wenige Zentimeter Lesereichweite aus-



reichend, wird die im metallischen Bereich bislang vorherrschende, robuste Systemfrequenz 125 kHz (LF) eingesetzt. Mit Anwendung der 868 MHz (UHF) wird derzeit der nächste Technologieschritt gegangen, um die Lesereichweite für Gussbauteile mit integriertem RFID-Transponder auf bis zu einem Meter zu erhöhen.

### Zustandsüberwachung durch integrierte Sensoren

In das Bauteil eingegossene Sensoren ermöglichen die Erkennung, Messung und Beurteilung mechanischer Belastungen im Bauteil wie Druck- und Zugkräfte, Verformung oder Schwingungen. Aufgrund der fertigungstechnischen Integration während des Gießprozesses können die Sensoren direkt am Ort der Wirkung in das Bauteil eingebettet werden, um vor Überbelastung oder Schädigung des Bauteils zu warnen. Dadurch wird eine **Zustandsüberwachung** ermöglicht (Structural Health Monitoring), insbesondere für Sicherheitsbauteile ein entscheidender Vorteil. Das Schwingungsverhalten von Bauteilen sowie deren Akustik kann darüber hinaus durch integrierte Piezo-Aktoren aktiv beeinflusst werden (Structural Health Control).

Konventionelle Sensoren zur Überwachung des Belastungszustands von Bauteilen und ihrer Verformungen – beispielsweise Dehnungsmessstreifen (DMS) – müssen auf die Oberfläche eines Bauteils appliziert werden. Eingegossene, im Bauteil integrierte Sensoren bieten den Vorteil, dass sie nach dem Eingießprozess vor Verschmutzung, Beschädigung oder Verlust geschützt sind – sowohl für weitere mechanische Bearbeitungsprozesse am Gussteil, bei der Montage als auch im betrieblichen Einsatz. Weiterhin wird durch die gießtechnische Integration eine **optimale Anbindung** der Sensorelemente an die Materialstruktur möglich. Zusätzliche Bearbeitungs- sowie Fügeprozesse zur Applikation der Sensoren können entfallen.

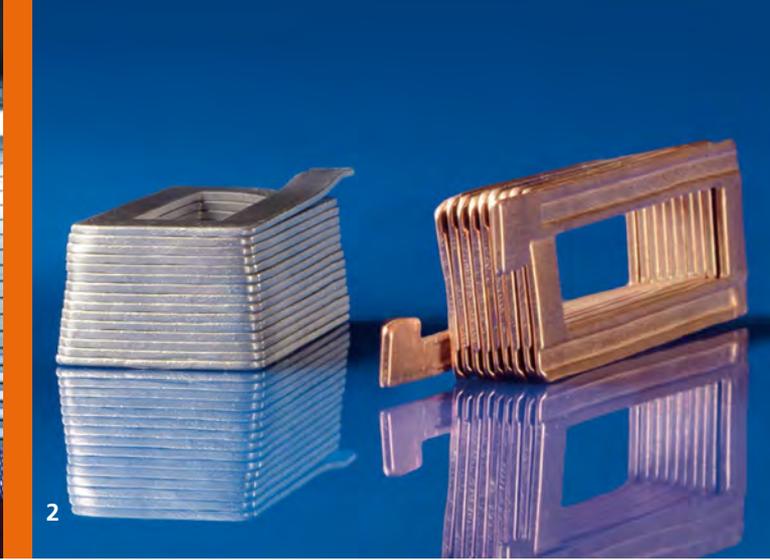
### Kontakt CAST<sup>TRONICS</sup>®

Dipl.-Wi.-Ing. Christoph Pille  
 Gruppenleiter  
 Telefon +49 421 2246-227  
 christoph.pille@ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Wi.-Ing. Thomas Rahn  
 Projektleiter  
 Telefon +49 421 2246-219  
 thomas.rahn@ifam.fraunhofer.de

→ [www.castronics.de](http://www.castronics.de)

- 1 Gussteil mit integriertem UHF-RFID-Transponder für große Lesereichweiten.
- 2 Druckgussteil mit gießtechnisch integriertem RFID-Transponder und Handlesegerät.
- 3 Förderband mit UHF-RFID-Lesesystem zur Erkennung von Gussbauteilen in einer vollautomatischen Produktions- und Montagelinie.



# KOMPONENTEN FÜR ELEKTRISCHE MASCHINEN

## MOBILITÄT DURCH GUSS

Zunehmende Bedeutung gewinnt das Thema Elektromobilität auch in der Gießereitechnologie und damit verbunden die Entwicklung neuer Gusskomponenten. Im Fokus stehen Gussteile für elektrische Antriebe und Fahrzeuge. Durch eine interdisziplinäre, enge Zusammenarbeit mit der Abteilung »Elektrische Antriebe« entsteht eine optimale Know-how Konstellation, die eine gesamtheitliche Betrachtung von fertigungstechnischen Aspekten mit gießtechnischem Schwerpunkt, konstruktiver Gestaltung und elektromagnetischer Auslegung zur erfolgreichen Herstellung von Komponenten für elektrische Antriebe ermöglicht.

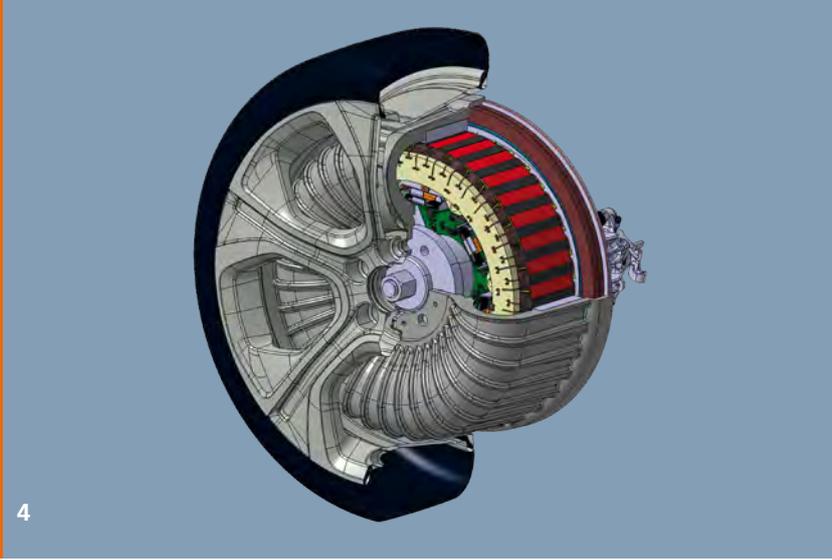
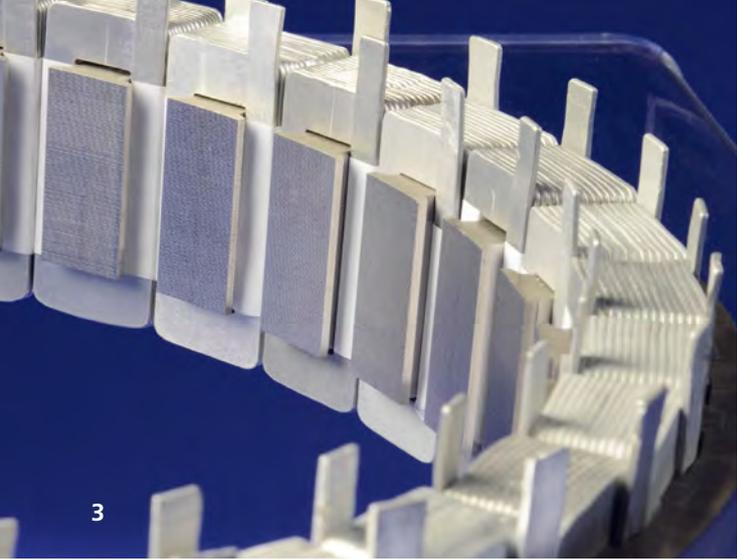
### Gegossene Spulen

Gegossene Spulen bieten ein großes Potenzial zur Leistungssteigerung von elektrischen Maschinen. Für die Herstellung dieser innovativen Komponente kommt ein am Fraunhofer IFAM entwickeltes integratives Fertigungsverfahren zum Einsatz. Die Anwendungsbereiche finden sich insbesondere bei Elektromotoren für den Automobil- und Nutzfahrzeugbereich, für Industrieantriebe sowie in hocheffizienten Generatoren.

Die mit diesem Verfahren herstellbaren Spulengeometrien mit flacher Leiteranordnung bieten entscheidende Vorteile gegenüber konventionell hergestellten, gewickelten Spulen. Aufgrund der gießtechnischen Fertigung ist eine spezifische und individuelle Anpassung des Leiterquerschnitts realisierbar, wodurch der zur Verfügung stehende Bauraum in elektrischen Maschinen maximal ausgenutzt werden kann. Auf diese Weise sind Nutzfüllfaktoren von über 80 Prozent realisierbar bei zugleich sinkendem elektrischen Widerstand um bis zu 50 Prozent. Neue Kühlkonzepte aufgrund der flachen Konstruktion ermöglichen darüber hinaus eine zusätzliche Steigerung der Stromdichte. In verschiedenen Anwendungen wurden die Machbarkeit und die technologischen Vorteile gegossener Spulen nachgewiesen.

Abhängig von Dimension und Stückzahl der Spulen stehen unterschiedliche Gießverfahren für die Fertigung zur Verfügung. Im Feinguss lassen sich geringe Leiterhöhen ( $> 0,7$  mm) bei Spulenlängen bis zu 200 mm realisieren, während im Lost Foam-Verfahren gefertigte Spulen Kantenlängen bis zu einem Meter aufweisen können. Für große Stückzahlen führt die Fertigung der Spulen in Dauerformen zu geringsten Stückkosten. Zur Herstellung von Prototypen und kleinen Vorserien aus Aluminium und Kupfer steht eine vollständige Feinguss-Prozesskette zur Verfügung.

Durch eine intensive Kooperation mit den Abteilungen aus den Bereichen der Oberflächentechnik, insbesondere der »Adhäsion- und Grenzflächenforschung« sowie der »Lacktechnik«, können maßgeschneiderte Isolationsbeschichtungen entwickelt, umgesetzt und optimiert werden. Auf diese Weise wird die Erfüllung der elektrischen und thermischen Vorgaben seitens unserer Kunden hinsichtlich Isolationsfestigkeit, Schichtdicke sowie Erhöhung von Temperaturfestigkeit und Alterungsbeständigkeit in kurzer Entwicklungszeit möglich.



### Gussteile für E-Maschinen

Besondere Beachtung findet die Entwicklung zur gießtechnischen Herstellung von Bauteilen für Elektromotoren. Anforderungen für eine spätere Übertragbarkeit in die Serienfertigung werden stets berücksichtigt. Im Vordergrund stehen aktiv oder passiv gekühlte Gehäuse sowie mit Metallschmelze, Aluminium oder Kupfer, infiltrierte Rotoren und Blechpakete. Je nach Herausforderung wird das geeignete Gießverfahren ausgewählt und ggf. erforderliche Zusatztechnologien – wie beispielsweise verlorene Kerne – angewendet. Für die Herstellung der Gehäusekomponenten wird z.B. das Lost Foam-Verfahren eingesetzt, da es höchst komplexe Konstruktionen umsetzen kann und direkt in einem Guss auch innenliegende Kühlkanäle für Spulen oder Leistungselektronik abbildet. Weiterhin werden aktuell Kerntechnologien zum Einsatz in Druckguss für die Herstellung von Gehäusekomponenten mit integriertem Kühlkanälen entwickelt.

Über die gießtechnische Fertigung hinaus sind am Fraunhofer IFAM auch Pilotanwendungen und Tests von Elektromotoren möglich. Am Institut können komplette Elektromotoren ausgelegt und auf Prüfständen sowie im Einsatz in verschiedenen Demonstratorfahrzeugen unter fahrdynamischen Bedingungen getestet werden.

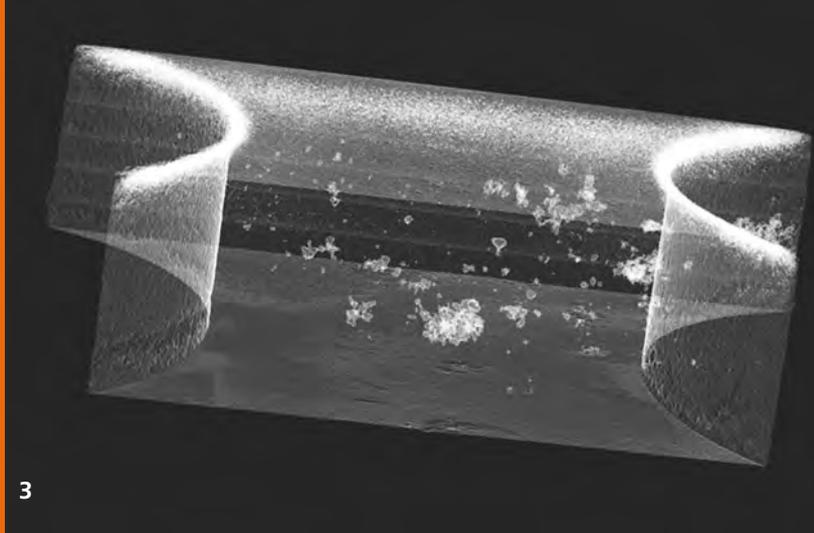
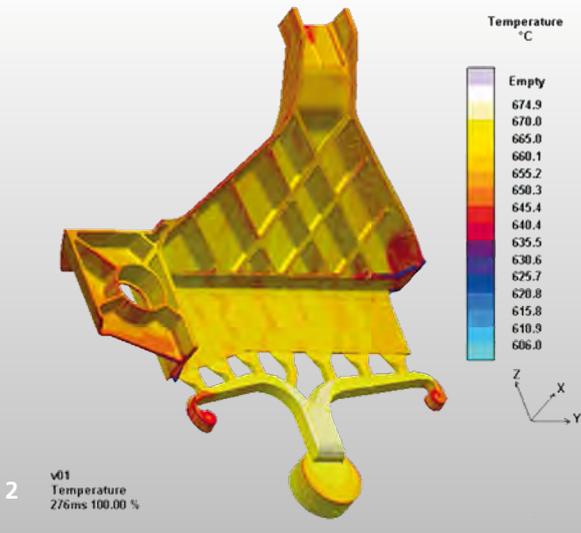
### Kontakt Gießereitechnologie

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann MBA  
 Abteilungsleiter  
 Telefon +49 421 2246-225  
[franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de](mailto:franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de)

Dipl.-Wi.-Ing. Christoph Pille  
 Gruppenleiter  
 Telefon +49 421 2246-227  
[christoph.pille@ifam.fraunhofer.de](mailto:christoph.pille@ifam.fraunhofer.de)

- 1 *Fraunhofer-Radnabenmotor zur Demonstration von Gusskomponenten am Elektrofahrzeug Frecc0.*
- 2 *Gegossene Spulen aus Aluminium oder Kupfer hergestellt im Feinguss.*
- 3 *Stator eines Radnabenmotors mit ringförmig montierten Gusspulen aus Aluminiumguss.*
- 4 *Schemazeichnung eines Radnabenmotors mit Gusskomponenten Stator und Rotor für die Serienfertigung.*





# NUMERISCHE SIMULATION

## DER BLICK VORAUSS

### Formfüll- und Erstarrungssimulation

Die Simulation der Formfüllung und Erstarrung ist ein kosten- und zeitsparendes Instrument zur Auslegung von Gießwerkzeugen. Das Fraunhofer IFAM verfügt über die in der Industrie eingesetzten Softwareprogramme zur Gießsimulation. Ziel der Simulation ist neben dem Werkzeugdesign die Optimierung der Prozessparameter und die Bestimmung finaler Produkteigenschaften (z. B. örtliche Ungängenverteilung).

### Integrated Computational Materials Engineering (ICME)

Die Gießsimulation wird beim ICME als Kettenglied des vollständigen Produktlebenszyklus betrachtet. So kann der Einfluss von Gussporen auf das Crashverhalten von Automobilbauteilen untersucht werden. Es wird an der Entwicklung stochastischer Materialmodelle gearbeitet, die es ermöglichen, statistische Streuungen der örtlichen Werkstoffeigenschaften (z. B. Bruchdehnung) zu beschreiben. Die Modelle können in konventionellen Programmen zur Strukturanalyse (FEM) verwendet werden, die ebenfalls am Fraunhofer IFAM verfügbar sind.

### Leichtbau durch Robust Design

Der Leichtbau hat die Aufgabe, eine technische Komponente mit hoher Steifigkeit und geringem Gewicht herzustellen. Neben dem stofflichen und konstruktiven Leichtbau eröffnen

in letzter Zeit neue Methoden des hybriden Leichtbaus (z. B. Aluminium-CFK-Strukturen) gute Möglichkeiten einer weiteren Optimierung. Dazu wurde am Institut auf Grundlage von biologischen Knochenumbauprozessen eine Methode entwickelt, die verschiedene Materialphasen derart im Bauteil verteilt, dass eine maximale Steifigkeit erreicht wird. Damit können Design-Guides für den Einsatz von Gussstrukturen in Hybridbauteilen angefertigt werden, die auch statistische Variationen und Unbestimmtheiten berücksichtigen (Robust Design).

### Kontakt Numerische Simulation

Andreas Burbliès  
 Telefon +49 421 2246-183  
[andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de](mailto:andreas.burbliès@ifam.fraunhofer.de)

Natalia Voßmeyer  
 Telefon +49 421 2246-236  
[natalia.vossmeier@ifam.fraunhofer.de](mailto:natalia.vossmeier@ifam.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Allianz SIMULATION

Andreas Burbliès  
 (Ansprechpartner und Leiter der Geschäftsstelle)  
[www.simulation.fraunhofer.de](http://www.simulation.fraunhofer.de)

- 1 Aluminium-Karosserieknoten.
- 2 Formfüll- und Erstarrungssimulation.
- 3 Mikro-CT-Porosität (© Fraunhofer IIS/EZRT).





# TECHNOLOGIEBERATUNG

## FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG AUS EINER HAND

### Beratung und Machbarkeitsstudien

Durch die Kompetenzvielfalt der Mitarbeiter am Fraunhofer IFAM stehen prozessübergreifende Projektteams dem Kunden beratend zur Seite. Von der gussgerechten Konzeption und einer Bauteilauslegung über die Bewertung und Auswahl von geeigneten Gießverfahren und Materialien bis zur Erprobung von Vorserienprozessen beraten wir unsere Kunden.

### Fehler- und Prozessanalysen

Fehlerhafte Gussteile oder Prozessstörungen können vielfältige Ursachen haben und aus komplexen Wirkzusammenhängen entstehen. Unsere Experten verfügen über langjährige Erfahrung mit verschiedenen Gießverfahren und Materialien, ihren Besonderheiten und daraus resultierenden Anforderungen. Gemeinsam mit dem Kunden bewerten und analysieren wir Problemstellungen, erforschen Ursachen und erarbeiten fachgerechte Lösungsmaßnahmen.

### Workshops und Personalqualifizierung

Die Anwendung neuer Technologien und Materialien zur Umsetzung neuer Produkte sowie ihre Übertragung auf bestehende Prozesse einer Serienfertigung setzen sich nur dann erfolgreich durch, wenn auch die Mitarbeiter entsprechend qualifiziert sind. Mit der Personalqualifizierung findet ein wichtiger Technologietransfer statt, bei dem neueste wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden ihren Weg in die industrielle Anwendung finden und Nachwuchs qualifiziert wird.

Seminare zu unseren Forschungsthemen und gießtechnischen Grundlagen sind ebenso möglich wie kundenspezifische und individuell auf Ihre Wünsche oder Projektanforderungen zugeschnittene Workshops. Das vermittelte Wissen kann durch praktische Vorführungen im Gießereitechnikum vertieft werden, die Anwendung neuer Materialien und Technologien erprobt sowie der sichere Umgang mit den jeweiligen Gießverfahren geschult werden.

→ [www.ifam.fraunhofer.de/gt](http://www.ifam.fraunhofer.de/gt)

- 1 Die Gießereihalle am Fraunhofer IFAM.
- 2 Workshop zur Gussteilgestaltung.
- 3 Beratungsgespräch im Rahmen einer Fehler- und Prozessanalyse.



## UNSER ANGEBOT

### SIE HABEN EINE IDEE UND SUCHEN DEN PARTNER ZUR UMSETZUNG?

Wir bieten unseren Kunden und Projektpartnern ein breites und individuell auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittenes Leistungsspektrum, von der Beratung über die Projektplanung bis hin zur Durchführung und Umsetzung. Wir begleiten Sie in Ihren Entwicklungsprojekten auch bei der Übertragung der Projektergebnisse in vorhandene Prozesse.

Mit unserem interdisziplinär ausgerichteten Team aus erfahrenen Wissenschaftlern und Technikern sind wir Ansprechpartner für Ihre Fragestellungen. Gemeinsam finden wir innovative Lösungen und entwickeln Konzepte für die Umsetzung Ihrer

Idee bis hin zu einem fertigen Produkt. Eine vertrauliche Basis ist bei Fraunhofer selbstverständlich.

Durch projektindividuelle Kooperationen mit anderen Kompetenzbereichen am Fraunhofer IFAM können auch weiterführende Fragestellungen kompetent bearbeitet werden. Erfolgreiche Projektbeispiele sind u. a. die lokale Plasmabeschichtung von Gussteilen für den Korrosionsschutz, das Kleben von Gussteilen mit pre-applizierbaren Klebstoffen oder elektrische Isolationsschutzschichten für gegossene Spulen zum Einsatz in automobilen Elektromotoren.

Die Gießereitechnologie am Fraunhofer IFAM bietet Ihnen unter anderem Forschung und Entwicklung aus einer Hand:

#### Technologieberatung in den Verfahren

- Druckguss
- Niederdruckguss
- Lost Foam
- Feinguss
- Sandguss

#### Experimentelle Forschung und Entwicklung

- Machbarkeitsstudien und Marktanalysen
- Verfahrens- und Technologieentwicklung
- Materialentwicklung für Gießereiwerkstoffe
- Gießen von Prototypen und Funktionsmustern bis hin zur Vorserie
- Fehler- und Prozessanalyse
- Numerische Simulation

#### Qualitätsprüfung und Analytik

- Röntgenprüfung und CT
- Legierungsanalyse
- Elektrische Leitfähigkeit von Legierungen
- Materialographie und Werkstoffprüfung
- Messtechnik zur Erfassung von thermophysikalischen Daten (Temperatur, Wärmeleitfähigkeit, Zersetzungsenthalpie, etc.)

#### Beratung und Know-how-Transfer

- Wissenschaftliche Projektbegleitung und Beratung
- Workshops
- Personalschulung

## Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Busse

Prof. Dr. Bernd Mayer

## Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM

Wiener Straße 12

28359 Bremen

Telefon +49 421 2246-0

info@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de

Winterbergstraße 28

01277 Dresden

Telefon +49 351 2537-300

info@ifam-dd.fraunhofer.de

Marie-Curie-Straße 1–3

26129 Oldenburg

Telefon +49 441 36116-262

info@ifam.fraunhofer.de

Ottenbecker Damm 12

21684 Stade

Telefon +49 4141 78707-101

info@ifam.fraunhofer.de

Hermann-Münch-Straße 1

38440 Wolfsburg

Telefon +49 421 2246-126

info@ifam.fraunhofer.de

## STANDORTE UND ABTEILUNGEN

### BREMEN

- Adhäsions- und Grenzflächenforschung
- Betriebsprüfung nach DIN 6701 | Klebtechnik
- Business Development
- Chemie der Faserverbundkunststoffe
- Elektrische Antriebe
- Energiesystemanalyse
- Functional Printing
- Gießereitechnologie
- Klebstoffe und Polymerchemie
- Klebtechnische Fertigung
- Lacktechnik
- Materialographie und Analytik
- Plasmatechnik und Oberflächen
- Pulvertechnologie
- Technische Qualifizierung und Beratung
- Weiterbildung und Technologietransfer
- Werkstoffe und Bauweisen

### DRESDEN

- Energie und Thermisches Management
- Sinter- und Verbundwerkstoffe
- Zellulare metallische Werkstoffe
- Wasserstofftechnologie

### OLDENBURG

- Elektrische Energiespeicher

### STADE

- Automatisierung und Produktionstechnik

### WOLFSBURG

- Leichtbau und Elektromobilität

Folgen Sie uns auf





[WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE](http://WWW.IFAM.FRAUNHOFER.DE)

**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und  
Angewandte Materialforschung IFAM  
Formgebung und Funktionswerkstoffe**

Wiener Straße 12  
28359 Bremen  
Telefon +49 421 2246-0  
Fax +49 421 2246-300

[info@ifam.fraunhofer.de](mailto:info@ifam.fraunhofer.de)

**Gießereitechnologie**

Dipl.-Ing. Franz-Josef Wöstmann MBA  
Telefon +49 421 2246-225  
[franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de](mailto:franz-josef.woestmann@ifam.fraunhofer.de)