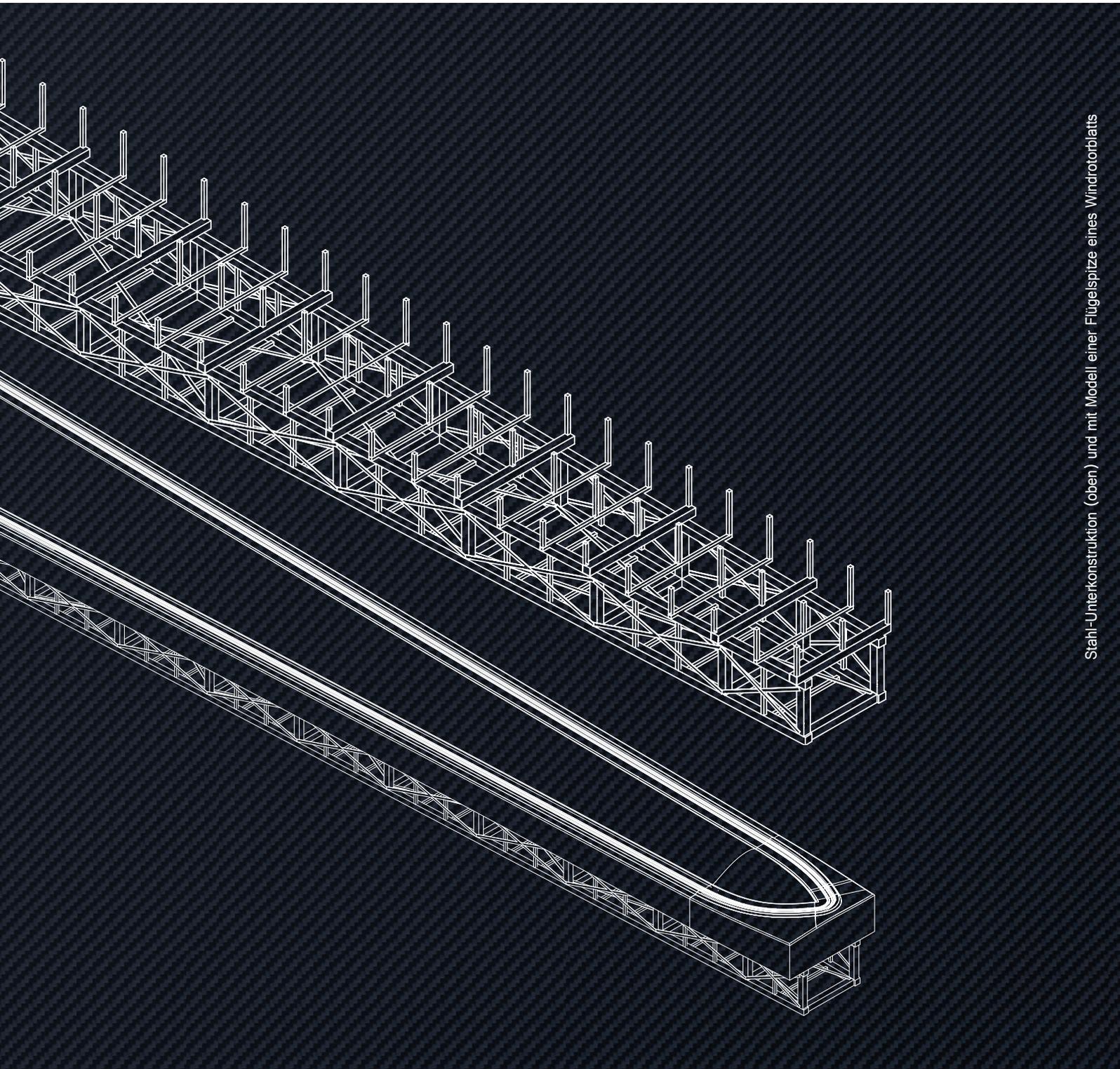


KNIERIM  **TOOLING**

DER PRÄZISION VERPFLICHTET

Wenn Urmodelle oder Formteile exakt so produziert werden wie der Kunde es vorgibt, werden Wünsche Wirklichkeit. Wir sind der Präzision verpflichtet, denn der Name KNIERIM steht für Zuverlässigkeit und Innovation, High-Tech und feinstes Finish – zehntelmillimetergenau!



Stahl-Unterkonstruktion (oben) und mit Modell einer Flügelspitze eines Windrotorblatts

DAS UNTERNEHMEN

Die **KNIERIM Tooling GmbH** wurde 2005 als Tochterunternehmen der Knierim Yachtbau GmbH, einer international bekannten Yachtwerft mit über 40jähriger Tradition, gegründet. In über **10.000 m² Hallenfläche** entstehen direkt **am Nord-Ostsee-Kanal in Kiel** Yachten und Bauteile in Faserverbundtechnologie. Die eigene über 100 m lange Tiefwasserpier ermöglicht die unkomplizierte **weltweite Verschiffung** auch sehr großer Bauteile.

KNIERIM Tooling ist **spezialisiert auf die Fertigung** von

- Urmodellen
- Produktionsformen
- Bauteilen in Faserverbundbauweise

Höchste Belastbarkeit bei geringem Gewicht, **zehntelmillimetergenaue Designtreue** und ein **außergewöhnliches Finish** sind die Markenzeichen.

Die eng verzahnte Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus renommierten Ingenieurbüros, von namhaften Zulieferern und ausgewählten Subunternehmen wird ganz im Sinne des Kunden koordiniert. Vom ersten Entwurf bis zum fertigen Bauteil decken wir gemeinsam den **gesamten Produktionsprozess** einschließlich Konstruktion, Laminatberechnung und Auslegung der Bauteile ab. Das gilt für die Herstellung großer Industrieteile für Flugzeuge, Schiffe und U-Boote genauso wie für Skulpturen, Prototypen und **Urformen** zum Beispiel für die Fertigung von Rotorblättern für Windkraftanlagen.

Prestigeprojekte internationaler Ausstrahlung führten das Unternehmen in das nächste Jahrzehnt – zum Beispiel das größte jemals gebaute nur **von Sonnenenergie angetriebene** Wasserfahrzeug der Welt, der Riesen-Katamaran »TÛRANOR **PlanetSolar**«, an dessen Konzeption KNIERIM maßgeblich beteiligt war. Mit 65 Mitarbeitern besitzt Knierim ein schlagkräftiges, **engagiertes Team**, das neuen Technologien stets aufgeschlossen ist und kompetent Verantwortung für **innovative Projekte und Verfahren** übernimmt.

Gute Erfahrungen hat KNIERIM mit dem neuesten Produktionszweig, der Herstellung von **direkt gefrästen beheizbaren Produktionsformen** für die Fertigung von Kompositbauteilen gemacht. KNIERIM verwendet auch hier ausschließlich hochwertigste Materialien und sorgt damit für gleichbleibende Qualität auf höchstem Niveau.

Geschäftsführer Gunnar Knierim (li.) und Steffen Müller

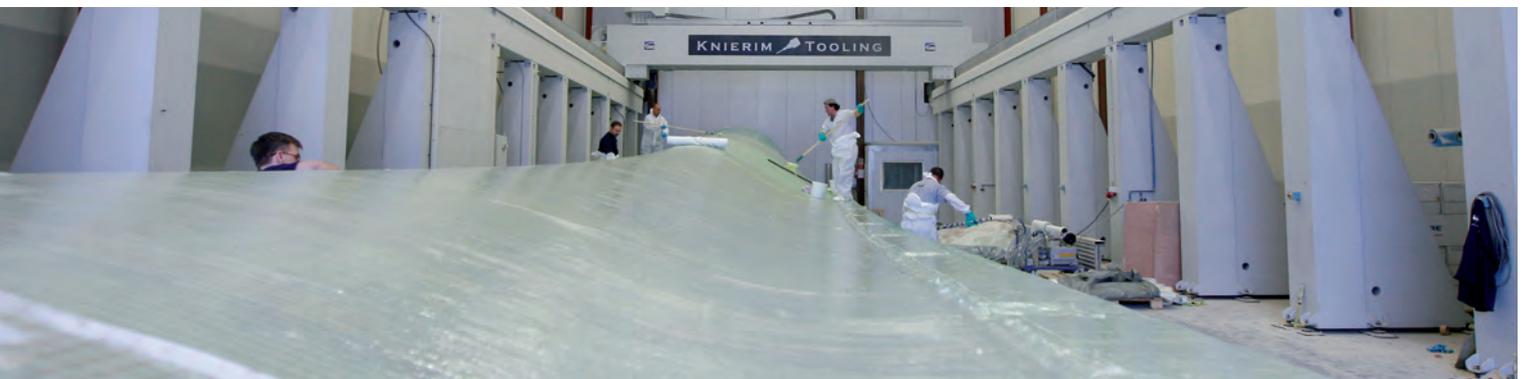


Große CMS-Fünf-Achs-Fräse von KNIERIM beim Schlichten eines Urmodells



TECHNOLOGIEN

Eine präzise Form wird aus Styropor, MDF oder Blockmaterial gefräst, gegebenenfalls überlamiert, anschließend bepastet und gefräst. Langlebige Urmodelle erhalten eine Stahl-Unterkonstruktion mit einer Tragschicht aus Epoxid-Sandwich-Laminat.



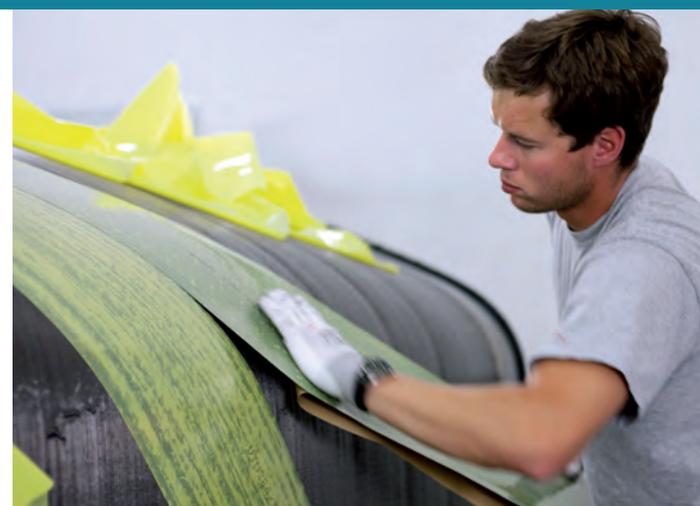
Komposit-Technologie

KNIERIM baut Formen und Werkzeuge aus glasfaser- oder kohlefaserverstärktem Kunststoff im **Handauflegeverfahren**, in **Vakuuminfusionstechnik** oder unter Verwendung von **Prepregs**, also vorimprägniertem Karbon. Dieses Verfahren stellt ein optimales Verhältnis von Harz und Fasern sicher und garantiert damit minimales Gewicht bei höchstmöglicher Festigkeit. Die Auswahl zwischen Glas oder Karbon wird durch die Anforderungen an das fertige Produkt hinsichtlich **Haltbarkeit und Leistung** getroffen. Knierim verwendet ausschließlich hochwertige Harze sowie Sandwich- und Kernmaterialien von namhaften Herstellern, die sich im Bootsbau bereits bestens bewährt haben.

Aushärtungszeiten können über Heizmatten oder in einer Ofenkammer präzise kontrolliert werden, wodurch eine gleichmäßige Aushärtung und eine hohe Qualität sichergestellt werden.

Da die meisten Formen heutzutage in Vakuum-technologie hergestellt werden, ist die **Vakuumdichtigkeit** von Urmodellen und Werkzeugen ein wichtiges Merkmal. Falls gewünscht bietet Knierim Vakuumtests an, die einen Druckverlust von weniger als 10 hPA/h ausweisen.

Knierims Komposit-Technologie: bewährt unter härtesten Bedingungen



Unterkonstruktionen Der langlebige **Formenbau beginnt am Computer**, an dem aus der virtuellen Geometrie (3D-Datei des Kunden) eine Zeichnung für ein **Stahlgestell als Unterkonstruktion** entworfen wird, das eine Schlosserei aus der Region ‚just in time‘ liefert. Holzspanen werden ausgefräst und an das Gerüst geschraubt, dazwischen Querleisten genagelt und anschließend mit dünnen Sperrholzplatten belegt. Die Erfahrung aus dem Bootsbau zahlt sich auch beim gleichmäßigen Aufbringen der ersten Schicht **GFK-Laminat** aus.

Schruppen Auf das Laminat wird **Balsaholz als Kernmaterial** einer Sandwichkonstruktion geklebt. Vor dem ersten Einsatz einer großen Fünf-Achs-Fräse muss das Gestell mit seinem Aufbau auf einen Nullpunkt **exakt ausgerichtet** werden, damit die Maschine an allen Stellen sauber über das Material geht und nicht ins Leere läuft oder gar hindurch fräst. Er bleibt dann für alle weiteren Arbeitsschritte gleich. Um Fehlläufe auszuschließen, gibt es beim **Schruppen** des Balsas Testläufe in mehreren Streifen, auch zur Überprüfung der Programmeingaben in die Software.

Bepasten Ist der Sandwichkern geschruppt, folgt quasi die Innenlage Laminat. Während diese aushärtet, wird die Fräse umgebaut und für das **Bepasten** vorbereitet. Über einen Schlauch wird hochwertige Epoxidpaste namhafter Hersteller aus einem Vorratsbehälter **in genau dosierter Menge** zum Fräskopf gepumpt, der die graue Masse in mehrere Zentimeter breiten Streifen über der Form verteilt. Das wäre manuell kaum in dieser **gleichbleibenden Stärke** möglich, ist aber für ein einwandfreies Ergebnis der beiden Hauptfräsgänge wichtig.

Schlichten Nach dem Aushärten der Paste wird im Randbereich der Urform mit einem Schaftfräser gearbeitet und auf der Fläche mit radialen Kopierfräsern (Kugelfräser), die sich bis zu 400 Mal pro Sekunde drehen. Das Schruppen erledigt ein VHM-Fräser (Vollhartmetall), das **Schlichten** ein Wendeplattenfräser. Der Kopf läuft in der Länge und Breite mit einer Vorschubgeschwindigkeit von bis zu 85 m/min, in der Höhe 45 m/min. Durch die Drehungen in der B-Achse (110°) und C-Achse (300°) ist an jeder Stelle des Modells ein **optimaler Anstellwinkel** des Fräasers gewährleistet.

Finish Anschließend vollenden Bootsbauer mit Feinschleifen eine Positivform, die der Zielvorgabe **weit unterhalb der zulässigen Toleranz** quasi gleich kommt. Das bescheinigen externe Prüfenieure vor dem Versiegeln mit Speziallack.



KNIERIM ist zertifiziert mit dem **Workshop Approval des Germanischer Lloyd und Lloyd's Register**.

Fünf Achsen, drei Fräsen, ein Ergebnis: Präzisionsformen par excellence!



PRODUKTE

Hochwertige Urmodelle sind die Ausgangsbasis für erstklassige Produktionsformen aus E-Glas oder Kohlefaser.

Produktionsformen Für die Serienherstellung von Kunststoffteilen werden **Negativformen** eingesetzt, die für eine **gleichbleibend glatte Oberfläche** des fertigen Bauteils sorgen.

Nach sorgfältiger Vorbereitung des Urmodells entsteht daraus die **präzise Form aus E-Glas oder Kohlefaser** - exakt nach der vorgegebenen Geometrie.

Die Materialauswahl und der Sandwichtaufbau erfolgen nach Anforderung des zu fertigenden Bauteils und nach **Spezifikation der gewünschten Heizung**, denn die Heizschicht wird in die Sandwich-Konstruktion eingearbeitet. Auch hier sind Wasserheizung, elektrische Heizung mittels eingelegten Heizdrähten oder Kohlefaser möglich.

Eine Unterkonstruktion wird je nach Bedarf angefertigt. Sie kann auch die Anschlüsse für die Heizung aufnehmen.

Neben der **effektiven Bauweise** und dem hochwertigen Material sind auch **sorgfältige Qualitätskontrollen** und das **hohe Ausbildungsniveau** der Techniker und Handwerker ein Garant für die konstant hervorragende Qualität von KNIERIMs Formen und Werkzeugen.



Metallbeschichtung Als weitere technische Verbesserung bietet KNIERIM die Endbeschichtung mit einem **speziellen Topcoat** an. Mit dieser Methode genügt KNIERIMs Formenbau höchsten Ansprüchen auch komplexer Anwendungen.



Direkte Produktionsformen (DFT) sind für die meisten Strukturteile der Formenbau der Zukunft, denn sie reduzieren Fertigungsschritte auf ein Minimum. Das bedeutet: kürzere Produktionszeit und weniger Kosten.

Direct Female Tooling In den vergangenen Jahren erfolgte die Serienproduktion der Strukturteile von Windflügeln aufwändig in drei Schritten. Vom Urmodell wurden Negativformen abgenommen und darin die Bauteile endgefertigt, wobei die Urform oft noch manuell gebaut wurde. Dabei vergingen von der computererrechneten Flügelform bis zur Serienreife manchmal mehrere Jahre.

Die direkte Negativform (DFT, aus dem Englischen Direct Female Tooling) von Knierim, in der ohne Qualitätsverlust hundert und mehr Einzelexemplare gefertigt werden können, strafft den Produktionsablauf damit erheblich.

Der Grundaufbau von Positivkern und DFT ist gleich: Aus einer 3D-Geometrie des Kunden wird eine Stahlunterkonstruktion errechnet und gebaut, an die in der kleinen, 6x5x2-m-Fünf-Achs-Maschine gefräste Mallsparanten angeschraubt werden. Auf Querleisten werden Sperrholzplatten befestigt, die mit einem Laminat überzogen werden.

Daraufklebt das Fachpersonal Balsaholz als Kerneiner Sandwich-Konstruktion, der mit einer der beiden bis zu 34 x 8,50 x 4 Meter großen 5-Achs-Fräsen „CMS Poseidon“ in Form geschruppt wird. Es folgt die Innenlage Laminat, die bei der Urform (wie die Außenlage auch) aus GFK gefertigt ist und danach von einer Fräse epoxidbepastet sowie geschruppt und geschlichtet wird.



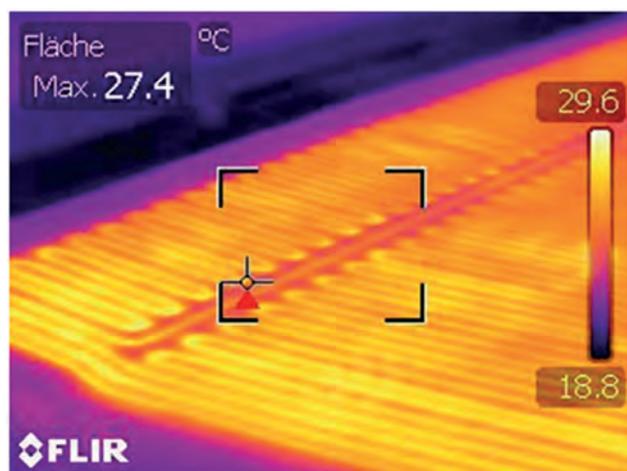
Bei der direkten Negativform werden Ober- und Unterlage der Sandwich-Konstruktion je nach späterer Anforderung an die Bauteile aus GFK oder CFK – also glasfaserverstärktem oder kohlefaserverstärktem Kunststoff – laminiert und direkt gefräst.

Am Ende des Prozesses wird ein Deckschichtharz (Primer) aufgespritzt, der von erfahrenen Knierim-Bootsbauern geschliffen und poliert wird. Ganz zum Schluss können Maßmarkierungen aufgebracht werden.

Optimales Werkzeug - mit integrierter Heizschicht und Metallbeschichtung

Im High-End-Bereich folgt erst noch eine Heizschicht. Dieses kann entweder eine integrierte Wasserheizung, ein Drahtgelege oder auf CFK-Laminat eine Kohlefaserdecke sein. Beide elektrischen Varianten werden später im Niedervoltbereich (48 bis 60 Volt) an Strom angeschlossen und erzeugen durch den Widerstand der tragenden Deckschicht eine gleichmäßig verteilte, flächendeckende Wärme. Mit diesem Tempern werden die Bauteile in der Endfertigung optimal ausgehärtet.

Die Heizschicht wird bei der direkten Produktionsform anschließend mit einem Übermaß an Laminat überzogen, bevor das Schrumpfen und Schlichten erfolgt.



QUALITÄT

Innovation KNIERIM schätzt die Zuverlässigkeit von bewährten Fertigungstechniken, setzt aber seit Gründung des Unternehmens auf **innovative Produktionsmethoden** und **neueste Materialentwicklungen**, um stetig steigende Anforderungen an das Bauteil optimal umsetzen zu können. Bevor jedoch **neue Verfahren** und Materialien zum Einsatz kommen, werden sie ausgiebig getestet und die Mitarbeiter entsprechend geschult, denn **Zuverlässigkeit** ist eines von KNIERIMs Qualitätsmerkmalen.

Qualität KNIERIMs Produkte entsprechen nicht nur dem neuesten Stand der Technik, auch werden Standards eingehalten, um eine **gleichbleibend hohe Qualität** zu gewährleisten. Und Qualität ist keine Frage der Größe, denn egal ob klein oder groß - d.h. bis zu **60 Meter Länge** - Produktionsformen von KNIERIM erfüllen höchste Ansprüche. **Langlebigkeit** und **größte Präzision** gehören ebenso dazu wie die flexible und schnelle Umsetzung individueller Kundenwünsche.

Erfahrung Ein großer Vorteil ist die enge Kooperation mit KIERIM Yachtbau und die daraus resultierende mögliche Nutzung der jahrelangen Erfahrung aus dem High-Tech-Yachtbau in **Kohlefaser-Sandwich**, denn auch für Regattayachten sind **geringes Gewicht** und **hohe Festigkeit** der Schlüssel zum Erfolg.



Technische Daten der drei 5-Achs-Fräsen CMS Poseidon in Zahlen

| | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Fräse 1 | 6.000 x 5.000 x 2.000 mm |
| Fräse 2 | 32.500 x 8.500 x 4.000 mm |
| Fräse 3 | 34.000 x 8.500 x 4.000 mm |
| Drehung der Achse B | 110° |
| Drehung der Achse C | 300° |
| Vorschubgeschwindigkeit Y-/X-Achse | 85 m/min |
| Vorschubgeschwindigkeit Z-Achse | 45 m/min |
| Vorschubgeschwindigkeit B-/C-Achse | 25 U/min |
| Nennleistung Bearbeitungseinheit KX5 | 15 kW |
| Nennzahl | 12.000 U/min (max. 24.000) |
| Schutzgrad | IP54 |
| Elektrospindel Code | 9988 |
| Anschlussstyp Werkzeughalter KX 5 | HSK 63/E |
| Spannzangentyp ETS | 40 |

PROJEKTE

Großobjekte wie Rotorblätter von Windkraftanlagen sind Meisterwerke aus Faserverbundwerkstoffen.

Windkraft Voraussetzung für effiziente Rotorblätter mit optimalem Profil in Serienproduktion ist eine beständige Urform in außergewöhnlicher High-End-Präzision.

2009 hat KNIERIM zehntelmillimetergenau die Urform des bis dahin weltgrößten Flügels mit einer Länge von mehr als 70 Metern gebaut. Sie wurde in sechs Teilen, der Spitze, dem Mittelstück und der Wurzel, jeweils mit Druck- und Saugseite, gefertigt. Die beiden Gesamtformen passten präzise wie aus einem Guss.

KNIERIM ist nicht nur spezialisiert auf große Modelle und Formen, auch Werkzeuge für Stege, Flansche und andere Nebenformen gehören zum Portfolio.



KNIERIM beliefert international Hersteller von Windkraftanlagen, denn eine weltweite Verschiffung auch der größten Teile ist dank der direkten Lage am Nord-Ostsee-Kanal unkompliziert möglich. Auch die Anbindung an das Autobahnnetz für den Transport per LKW ist hervorragend.



Großformate mit Profil - darauf sind wir spezialisiert



PROJEKTE

Vom filigranen Kunstobjekt bis zum überdimensionalen Exponat, vom futuristischen Rennwagen bis zur feudalen Decksounge oder schlicht großen Industrieteilen – den Anwendungen sind keine Grenzen gesetzt.

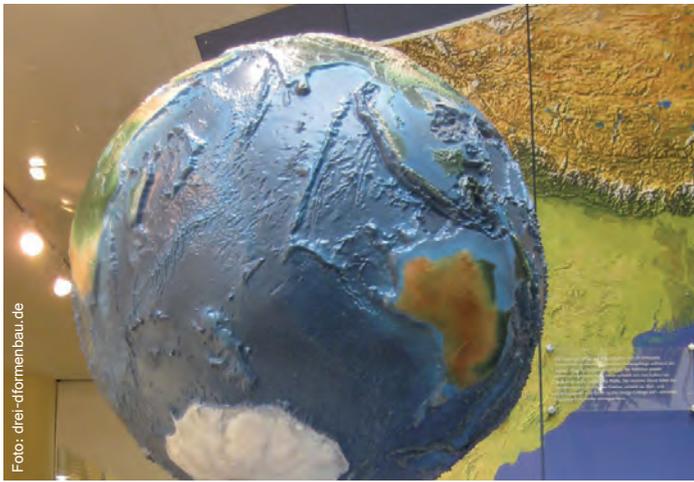
Yachtbau Wir bauen Yachten nach individuellen Wünschen der Eigner in modernster Holz- oder Komposit-Bauweise (Karbon oder GFK). Ob 30 Fuß oder 30 Meter lang, offenes Motorboot für den Tagesausflug, gemütliches Fahrtenschiff für den Familienurlaub oder Hochseerennziege für den Regattaereinsatz – unser Know-how ist Ihr Trumpf!

Decksausstattung Die Decksausstattung luxuriöser Megayachten gibt es nicht von der Stange. Alles wird maßgeschneidert, und keine Wünsche bleiben offen. Ob Radarmasten oder Cocktailbar, Decksounge mit Counter oder sogar große Poollandschaften gehören zu unserem Repertoire.

Industrie In der Luft- und Raumfahrt sowie im High-End-Schiffbau und im U-Boot-Bau werden große Teile aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Kohlefasern eingesetzt. In der Landwirtschaft sind es Kunststofftanks für unterschiedliche Zwecke, z.B. als Aufsatz für Traktoren zum Besprühen von Feldern oder für die Lagerung von Flüssigkeiten.

Jedes dieser Kunststoffteile - egal wie groß oder welcher Form, ob Prototyp oder Serienfertigung - benötigt zur Herstellung ein Werkzeug. KNIERIM ist ein erfahrener Partner für den Bau von Werkzeugen in nahezu jeder erdenklichen Form und liefert diese seit Jahren an renommierte Werften und Industrieunternehmen. Auch Mock-Ups können aus verschiedensten Materialien gefräst werden.





Skulpturen

Gießerei- und Architekturmodelle sowie Skulpturen, [Kunstobjekte](#), Objekte für [Werbekampagnen](#) und alle erdenklichen Prototypen kann KNIERIM aus Blockmaterial, Vollaminat, Holz oder Aluminium fräsen.

Die Palette reicht vom [Globus](#) mit 35-fach überhöhtem Relief (oben) bis zu gigantischen Nachbildungen zum Beispiel einer haushohen Kopfschmerztablette und eines Paar überdimensionaler Fußballschuhe als [Ausstellungsstück](#) bis zum Modell einer Windkraftanlage im Miniformat und einem Mini-Rennauto für ein Schülerprojekt. Ein interessantes Projekt war die zentrale Säule der von Hermann Bahlsen geplanten und dem Architekten Bernhard Hoetger entworfenen [TET-Stadt](#), die im Landesmuseum Hannover zu sehen war.



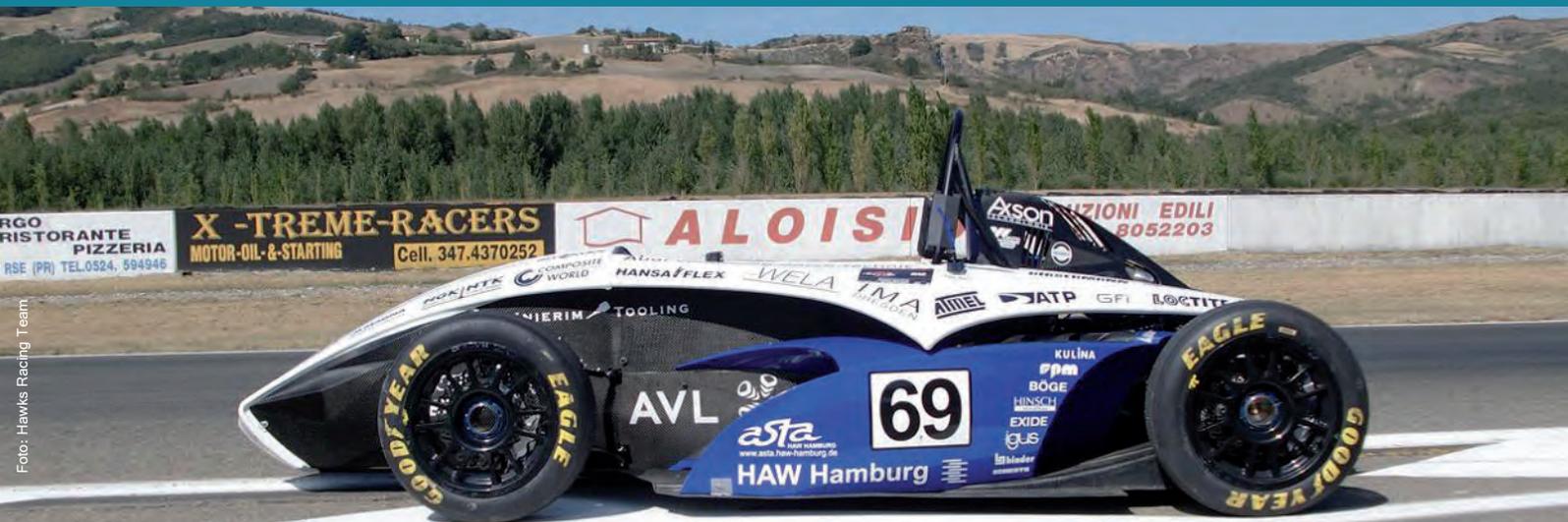
Automotive

2011 unterstützte KNIERIM mit der Lieferung von Formen den Bau des Solarautoprojekts SolarWorld GT der Hochschule Bochum. Das Fahrzeug wurde in Leichtbauweise aus Kohlefaser gefertigt und ist für hohe Beanspruchung und lange Strecken ausgelegt. Es hat 2011/12 an der [World Solar Challenge](#) in Australien teilgenommen und ist danach als Botschafter für eine [elektromobile Zukunft](#) zu einer Tour durch alle Kontinente rund um die Welt gestartet.

Das [Hawks Racing Team](#) der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg beauftragte die KNIERIM mit der Herstellung der Formen für ihr [Rennauto der Formula Student](#). Im Verlauf der Saison stellten sich nach und nach die Erfolge ein, so dass das Team am Ende einen sensationellen dritten Gesamtplatz in Italien einfuhr.



So vielfältig die Anforderungen - so einzigartig das Ergebnis





Knierim Tooling GmbH · Uferstraße 100 · 24106 Kiel
Tel. 0431-30 10 66 · Fax 0431-30 10 6-69 · info@knierim-tooling.de
www.knierim-tooling.de