

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 87 (2015)

Artikel: Produktinnovationen und Forschungskooperationen mit Universitäten bei GF Machining Solutions
Autor: Boccadoro, Marco
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-513854>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Marco Boccadoro

Produktinnovationen und Forschungskooperationen mit Universitäten bei GF Machining Solutions

In diesem Beitrag wird erläutert, wie Innovation im EDM (electrical discharge machining) bei GF Machining Solutions organisiert ist und wie das Universitätsnetzwerk im Innovationsprozess vorteilhaft als Hebel ausgenutzt wird. Als Beispiel dieser Methodik wird die Zusammenarbeit zwischen GFMS und einem Konsortium von Universitäten und Industriepartnern beschrieben, die zur Entwicklung eines Erfolgsproduktes geführt und damit einen Paradigmenwechsel in der Welt der Turbinenbearbeitung eingeleitet hat.

This paper explains how innovation in EDM (electrical discharge machining) is organized at GF Machining Solutions and how the university network is leveraged in the innovation process. Exemplifying this approach, the author describes the cooperation between GFMS and a consortium of universities and industrial partners that has resulted in the development of a successful product and heralded a paradigm shift in the field of turbine machining.

Was ist Innovation?

«Unternehmen haben drei grundsätzliche Möglichkeiten, um auf zunehmenden Wettbewerbsdruck zu reagieren:

1. Verlagerung in Billiglohnländer,
2. Rationalisierung,
3. Innovation.»¹

Mit diesem Satz leitet Boutellier sein Buch über «Erfolg durch innovative Produkte» ein, das bald 20 Jahre nach seiner Erstauflage aktueller denn je ist. Es ist schon fast ein Klischee, dass der wichtigste Rohstoff der Schweiz die Innovationskraft ist.

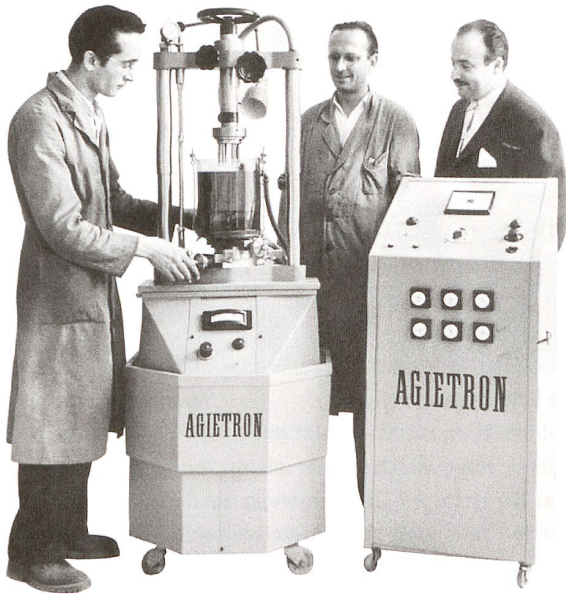
Aber was ist eigentlich Innovation? Es gibt zahlreiche Definitionen dafür. Eine, die mir besonders gefällt, stammt von John Emmerling: «Innovation ist, Kreativität mit einer Aufgabe zu verbinden.» («Innovation is creativity with a job to do.»)² Innovation muss nämlich ein konkretes Ziel haben. Wenn wir die Geschichte der wichtigsten Innovationen betrachten, dann sehen wir, dass alle eine Antwort auf ein zu erfüllendes menschliches Bedürfnis waren.

Diese Bedürfnisse können bewusst oder unbewusst sein. Steve Jobs formulierte dazu die pointierte Erkenntnis, dass die Menschen oft nicht wissen, was sie

wollen, bis man es ihnen zeigt. Meistens werden unsere Bedürfnisse durch die Kräfte verursacht, die unsere Welt kontinuierlich verändern: Überalterung der Bevölkerung, Verknappung der Ressourcen, Veränderung des Klimas usw. Die Menschheit muss sich ständig an dieses Spannungsfeld anpassen.

Für GF Machining Solutions (GFMS) als Produzent von Werkzeugmaschinen für die Herstellung von Produkten, welche unsere Lebensqualität prägen, hat dies zur Folge, dass in einem immer schneller werdenden Tempo neue oder verbesserte Funktionalitäten unserer Produkte verlangt werden. Zum Beispiel erforderte die Innovation der Tabletcomputer, dass wir Maschinen entwickelten, die in der Lage sind, grössere Formen mit höherer Präzision und sehr guter Oberflächenqualität herzustellen, als dies vorher für Smartphones nötig war.

Andere Auslöser eines Innovationsprozesses können neue Erfindungen aus der Forschung, obsoletere Komponenten oder die Globalisierung der Märkte sein. So bringt beispielsweise die Verlagerung der Technologie nach China die zwangsläufige Anpassung bestehender Produktionsmaschinen mit sich. Hier besteht die Innovation aus einer speziell für China entwickelten



Ältere und moderne funkenerosive Anlagen im Vergleich: «Agietron 1954» und «Form 2000» 2014.

(Quelle: AgieCharmilles)

bedienerfreundlichen Mensch-Maschinen-Oberfläche. Weiter kann Innovation in manchen Fällen auch als Reaktion auf den Lebenszyklus eines Produktes oder auf das Verhalten der Mitbewerber definiert werden.

GFMS-Maschinen sind für fast jedes neue Produkt unentbehrlich, das macht sie zum Paradebeispiel der Innovation. Dies gilt insbesondere für die Funkenerosionsmaschinen, die einen grossen Anteil an Elektronik enthalten. In der Tat sind die Riesenfortschritte in der Maschinenleistung der letzten 30 Jahre eng mit der Entwicklung der Elektronik verknüpft.

Die Evolution der Mikroprozessoren und der integrierten Elektronik erlaubt, die riesige Energiedichte des funkenerosiven Prozesses besser und schneller zu meistern. Auch sehr komplexe Algorithmen können heute blitzschnell ausgeführt werden. Ferner ermöglichen die leistungsfähigen Leistungshalbleiter, welche die speziellen Impulse erzeugen, eine markante Geschwindigkeitszunahme, einen höheren Wirkungsgrad, kleinere Abmessungen der Generatoren und niedrigere Kosten. Die folgende Tabelle zeigt, wie einige Schlüsseleigenschaften der GFMS-Generatoren in den letzten 50 Jahren verbessert worden sind:

WEDM generator	1960	1975	2014
Wirkungsgrad (%)	7	70	85
Kosten VK (kCHF)	20	14	<3
Schnittgeschwindigkeit (mm ² /min)	7	20	500

Schlüsseleigenschaften der GFMS-Generatoren.

(Quelle: AgieCharmilles)

Innovation Days

Wie soll ein Unternehmen vorgehen, um zuerst die Bedürfnisse seiner Kunden zu verstehen, dann die möglichen Innovationsfreiheitsgrade zu limitieren und schliesslich die «Innovations-Roadmap» zu gestalten? Die Lösung für GFMS besteht in der Organisation sogenannter «Innovation Days», d.h. gesteuerter Brainstorming-Klausuren.

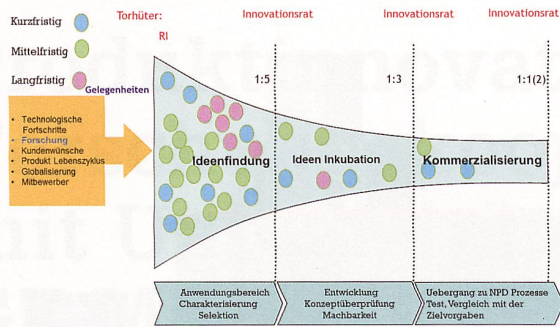
Vorab werden die am Innovation Day zu behandelnden Themen bestimmt: Exponenten an der Technologie- und/oder Kundenfront, Verkaufsberater sowie Spezialisten aus dem akademischen Umfeld und aus der internen Forschungs- und Entwicklungsabteilung definieren, in welchen Bereichen es aktuellen Handlungsbedarf gibt, wo Veränderungen der Umwelt auftreten und welche Kunden- oder Marktbedürfnisse bevorzugt zu behandeln sind. Darauf folgt die eigentliche Brainstorming-Sitzung.

Daraus resultieren in der Regel an die 100 bis sogar 200 Vorschläge. Diese Vielfalt an Ideen wird gefiltert, evaluiert und schliesslich auf einige Projektvorschläge reduziert, die weiterverfolgt werden. Die Grundlage für das weitere Vorgehen bildet eine Evaluationsformel. Es liegt in der Natur der Sache, dass der Autor eines Vorschlages meistens in seine Idee verliebt ist und ihm daher die nötige Objektivität fehlt. Die Anwendung der folgenden Gleichungen ermöglicht daher eine sachbezogene und möglichst emotionslose Diskussion:

$$\text{Attraktivität} = \text{ROI} \times \text{Geschäftsstrategie} + k \times \text{Mehrwert}$$

$$\text{Machbarkeit} = \text{Risiko} \times \text{Kernkompetenzen} + k \times \text{Produktkosten}$$

$$\text{Total project score} = \text{Machbarkeit} \times \text{Attraktivität}$$



Der Innovationstrichter.

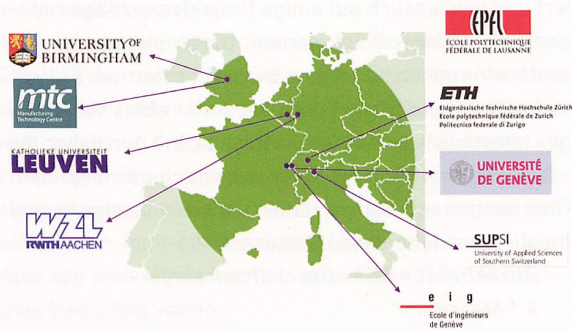
(Quelle: AgieCharmilles)

Jedes Kriterium wird mit einer Note von 1 bis 5 bewertet, wobei 5 maximale Erwünschtheit darstellt. Der Evaluationsprozess erfolgt zusammen mit den Produktverantwortlichen und der Marketingabteilung. Die bestbewerteten Vorschläge werden in einer Machbarkeitsphase (Inkubationsphase) weiterverfolgt. Diese Gleichungen können natürlich durch zusätzliche Kriterien komplexer gestaltet und verfeinert werden: Entscheidend ist, eine innovative Idee möglichst sachbezogen evaluieren zu können.

Idealerweise sind laufende Innovationsprojekte auf mehrere Zeithorizonte verteilt. Das Portfolio besteht aus kurz-, mittel- und langfristigen Projekten. Während des Prozesses der Inkubation scheiden erneut Ideen aus, man kann sich als Denkmodell einen Innovationstrichter vorstellen.

In der Inkubationsphase werden die Prinzipien anhand von Simulationen oder eines Funktionsmusters geprüft mit dem Ziel, die Risiken möglichst früh zu erkennen, um in der nächsten Phase (Produktprojekt) keine bösen Überraschungen zu erleben. Während der Produktprojektphase würde ein unerwartetes Problem enorme Kosten verursachen, da mit fortschreitendem Projekt immer mehr Ressourcen und Geld im Spiel sind.

Die Machbarkeitsphase erfolgt in Zusammenarbeit mit Spezialisten aus einem Universitätsnetzwerk. Dies hat für beide Seiten Vorteile: Einerseits fliesst



Strategische Partner für Innovation.

(Quelle: GFMS)

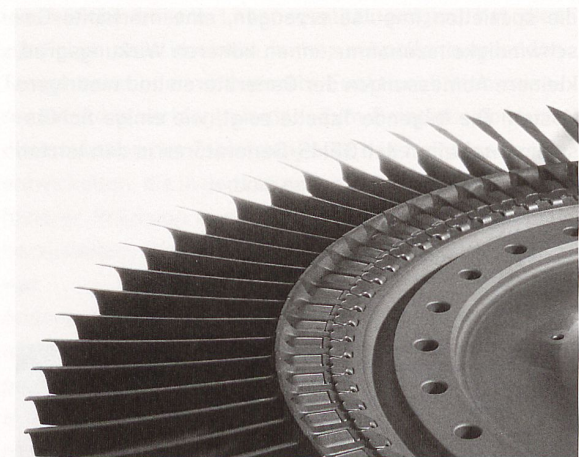
so das aktuellste spezialisierte Fachwissen in das Projekt ein – solches Fachwissen in der Firma zu halten wäre zu kostspielig und auch schnell veraltet. Dank Innovationsförderungsprogrammen (beispielsweise dem KTI-Programm des Bundes) ist der finanzielle Aufwand verhältnismässig gering. Andererseits führt die Zusammenarbeit zu offenen Gesprächen mit der akademischen Welt. Zudem hat das Unternehmen die Möglichkeit, mit talentierten jungen Ingenieuren potenzielle Kandidaten als Nachwuchskräfte kennenzulernen – und umgekehrt.

Eine Erfolgsgeschichte

«Innovation ist, Kreativität mit einer Aufgabe zu verbinden.» Aber welche unter vielen möglichen Aufgaben ist die richtige? Der vorgängig beschriebene Innovationsprozess wird im Folgenden anhand einer Erfolgsgeschichte bei GFMS veranschaulicht. Aus der obigen Formel geht hervor, dass die Attraktivität einer Innovation bei GFMS von der Übereinstimmung mit der Unternehmensstrategie abhängt. Eine tragende Säule unserer Strategie ist der Markt der Luft- und Raumfahrt. Dies wird sofort verständlich, wenn man die Bedürfnisse dieser Industrie betrachtet:

- Bedarf an 28 355 neuen Grossflugzeugen und 68 000 Triebwerken bis 2032;
 - Reduktion der Schadstoff- und Lärmemissionen bis 2050, nämlich: -75 % CO₂, -90 % NO_x, -65 % Lärm.
- Es besteht deswegen in folgenden (und weiteren) Bereichen ein grosser Bedarf an Innovation:
- bei den Werkstoffen (Ti-Ni-Legierungen);
 - beim Design (Bionic Design);
 - bei innovativen Technologien (WEDM, Generative Verfahren).³

Aus den oben skizzierten akademischen Diskussionen resultierte u. a., dass ein Ersatzbedarf für das Räumen (broaching) in der Turbinentechnologie besteht, insbesondere bei der Bearbeitung von Tannenbaumprofilen in Turbinenrädern.



Turbinendisk und -schaufeln.

(Quelle: MTU AeroEngines)



Anlage zum Profilräumen.

(Quelle: AdMap-Gas Projektantrag)

Das Räumen hat viele Nachteile:

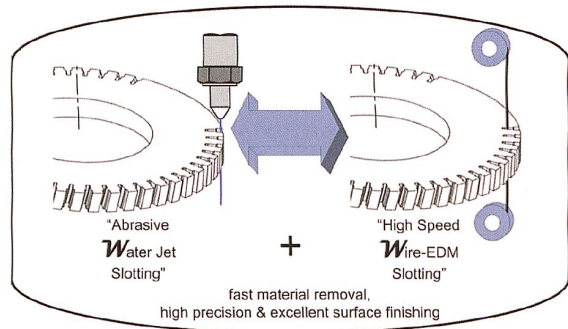
- hohe Investitionskosten: 7 Mio CHF;
- hoher Platzbedarf: riesige Aufstellfläche der Anlage;
- hohe Werkzeugkosten: ca. 20 000 CHF;
- hoher Verschleiss: ein neues Werkzeug pro Profil;
- hohe Abnutzung: Abrichten und Beschichten der Werkzeuge alle 800 Zyklen;
- jedes Profil braucht ein Spezialwerkzeug;
- hoher Zeitaufwand: lange Vorlaufzeit;
- lange Produktionspausen: zeitintensive Werkzeugwechsel.

All diese Gründe machen den Räumprozess zu einem Flaschenhals in der Prozesskette.⁴

Die innovative Idee im vorliegenden Fall war nun, das Räumen durch Drahterosion zu ersetzen. Dank WEDM (wire electrical discharge machining) können die Produktionskosten gesenkt sowie engere Toleranzen, eine höhere Flexibilität und Nachverfolgbarkeit des Prozesses garantiert werden. So wurde die Machbarkeit des Prozesses im Rahmen des EU-Projekts AdMap Gas untersucht.

Insgesamt acht Projektpartner untersuchten die verschiedenen Aspekte des Problems: Prozess, Draht, Dielektrikum, konkurrierende Verfahren, Kosten und industrielle Anwendbarkeit. Die Koordination des Projektes lag beim Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen, bei GFMS intern wurde der funkenerosive Prozess optimiert. Ein entscheidender Aspekt war die potenzielle Veränderung der Materialeigenschaften. Die Funkenerosion ist ein thermischer Prozess, und die Beeinflussung der Standzeit der bearbeiteten Werkstücke muss minimal oder nicht vorhanden sein. Die Flugzeugpassagiere werden es sicher zu schätzen wissen, dass die funkenerosiv bearbeiteten Turbinen mindestens so lange leben wie jene, welche durch Räumen bearbeitet wurden.

Die ersten Funkenerosionsmaschinen verursachten eine beträchtliche wärmebeeinflusste Zone auf den



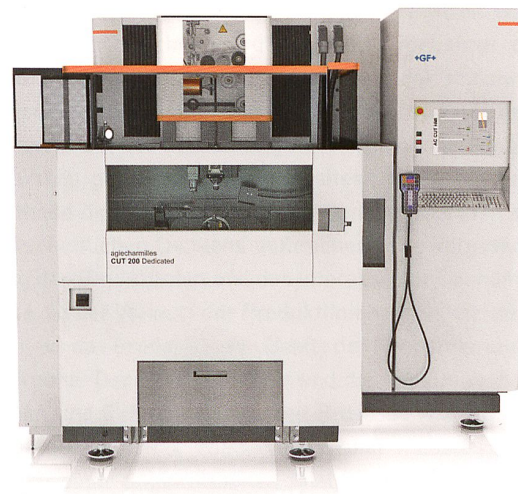
Untersuchte mögliche alternative Verfahren zum Räumen: Wasserstrahl-schneiden und Funkenerosion.

(Quelle: AdMap-Gas Projektantrag)

Werkstücken, was die Verkürzung der Standzeit der Formen zur Folge hatte. Inzwischen ist dies dank enormen Fortschritten der Generatortechnik kein Thema mehr. Aber Vorurteile sterben langsam: Parallel wurde deshalb die Universität Birmingham beauftragt, die Standzeit der Werkstücke als Funktion der wärmebeeinflussten Zone zu analysieren. Das Ergebnis war, dass keine Standzeitunterschiede zwischen gefrästen und erodierten Mustern festgestellt wurden.

Nachdem die Machbarkeit des Prozesses bewiesen war, wurde firmenintern ein Entwicklungsprojekt bewilligt mit dem Ziel, Maschine, Generator, Spülungssysteme, Drähte und Dielektrika zu optimieren. Dazu wurde auch ein für die Luft- und Raumfahrtindustrie unentbehrliches Überwachungssystem für die Rückverfolgbarkeit (traceability) des Prozesses entwickelt.

Dank den grossen Anstrengungen des NBD-Teams (new business development) auf der Marketing- und des F&E-Teams auf der technischen Seite war die neue CUT 200 *dedicated* geboren!



Die CUT 200 dedicated.

(Quelle: GFMS)

Einige Anlagen wurden bei einem grossen Turbinenhersteller letztes Jahr erfolgreich installiert und produzieren bereits, und weitere Anlagen und Kunden werden folgen. Die CUT 200 *dedicated* ist ein Erfolgsprodukt, das einen Paradigmenwechsel in der Welt der Turbinenbearbeitung herbeigeführt hat.



Marco Boccadoro, Dipl. El. Ing. ETHZ

Geboren 1954 in Muralto, Schweiz. Studium an der ETH Zürich und der University of California Los Angeles, Abschluss als Elektroingenieur ETHZ. Seit 1979 ist Boccadoro in verschiedenen Positionen bei GF Machining Solutions (früher AgieCharmilles bzw. AGIE) tätig, seit 2008 als Head of Research & Innovation EDM (electrical discharge machining). In diesem Rahmen besteht seit 1998 eine Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung IWF/Inspire, und seit 2007 zusätzlich mit der Katholischen Universität Leuven KUL, RWTH Aachen, EPFL Lausanne, EIG Genève sowie der Universität Birmingham. Diverse Publikationen im Bereich EDM/Funkenerosion.

- ¹ Roman Boutellier und Rainer Völker: Erfolg durch innovative Produkte. München 1997, S. 15.
- ² Zitat aus einer Rede John Emmerlings, <http://www.emmerling.com/about-john.html> [2015-03-06].
- ³ Fritz Klocke et al: Turbomachinery Component manufacture by application of Electrochemical, Electro-physical & Photonic processes. CIRP keynote paper, CIRP Annals 2014, S. 703.
- ⁴ A. Welling: Meeting AgieCharmilles SA and WZL of RWTH Aachen, 18th March 2014.