

# KISTLER

measure. analyze. innovate.



## Der Traum vom sauberen Fliegen

Kistler unterstützt Schweizer Team Cellsius mit Messtechnik für alternative Flugzeugantriebe



Ziel des zweiten Projekts „H2“ von Cellsius ist es, eine Schweizer Light Wing AC4 mit einem Antriebsstrang auf Basis einer Brennstoffzelle auszurüsten – wiederum unterstützt von Messtechnik von Kistler.

**Engagierte Studierende der ETH Zürich entwickeln CO<sub>2</sub>-freie Antriebsstränge für Kleinflugzeuge. Dabei kommen in zwei Projekten ein Drehmomentsensor und für den kommenden Brennstoffzellenantrieb der Druck- und Temperaturtransmitter 4080BT von Kistler zum Einsatz – das emissionsfreie Fliegen nimmt bereits Gestalt an!**

Die Dekarbonisierung der Luftfahrt ist eine große technische Herausforderung, insbesondere bei Großflugzeugen und auf der Langstrecke. Pro Tag starten weltweit im Schnitt über 100.000 kommerzielle Flüge – der Luftverkehr ist damit verantwortlich für 2,5 Prozent der globalen, durch Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zwar gibt es neben nachhaltigem Kerosin (SAF, sustainable aviation fuel) und potentiellen Alternativtreibstoffen für Turbinen wie Wasserstoff oder Flüssigmethan auch Ansätze für elektrische Antriebe – gespeist durch Batterien oder Wasserstoff-Brennstoffzellen –, es wird jedoch mit zunehmender Flugdauer und Passagierkapazität immer schwieriger, die hohe Energiedichte von Kerosin und Flugbenzin adäquat zu ersetzen.

**„Der Drehmomentsensor 4520A von Kistler hat uns sehr dabei geholfen sicherzustellen, dass das vorn am Propeller anliegende Drehmoment auch dem entspricht, was hinten angelegt wird.“**

Frederic Huwyler, Teamleiter Technik beim ETH-Projektteam e-Sling

Dass es bei Kleinflugzeugen und auf der Kurzstrecke bereits möglich ist, zeigt das Schweizer Team Cellsius eindrucksvoll: Der 2022 gegründete Verein widmet sich der nachhaltigen Aviatik und bietet Studierenden im Abschlussjahr des Bachelorstudiums die Möglichkeit, ihr Wissen und Können am realen Flugzeug zu erproben und auszubauen. Im ersten Projekt „e-Sling“, das von 2020 bis 2022 lief, wurde ein sogenannter Tiefdecker mit einem Elektroantrieb ausgestattet – Cellsius gelang es damit, das weltweit erste von Studierenden gebaute und zugelassene viersitzige E-Flugzeug zu bauen! Für die Auslegung des Motors und die Entwicklung der Leistungselektronik wurde frühzeitig ein Drehmomentsensor von Kistler beschafft. Er ist integraler Teil des Prüfstands am ETH-Standort Dübendorf, wo sich die Hangars, Start- und Landebahnen befinden – der Flugplatz ist jetzt Teil des Swiss Innovation Park Zurich und wird nach und nach weiter ausgebaut, um Platz für Labors, Werkstätten, Büros und Unterrichtsräume zu schaffen.

### Komfortable Drehmomentmessung am Prüfstand

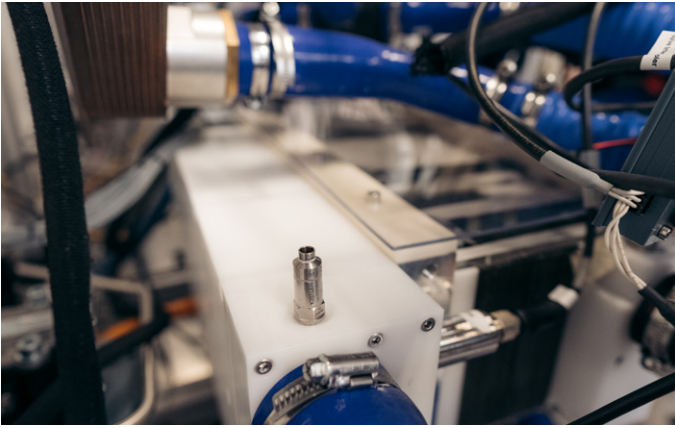
Frederic Huwyler, der im neuen Projekt H2 für den Elektromotor im Brennstoffzellenantriebsstrang zuständig ist, berichtet über die Anpassung und Integration des Elektromotors im e-Sling-Flugzeug. Das Rotor-Stator-Paket des Sponsors e+a Elektromaschinen und Antriebe AG – die gesamte Vereinstätigkeit wird durch Sponsoren finanziert und unterstützt, zu denen auch Kistler gehört – wurde dabei auf dem Prüfstand getestet, um Belastungskollektive zu optimieren und die Regelung des Drehmoments zu validieren. „Der Drehmomentsensor 4520A von Kistler hat uns sehr dabei geholfen sicherzustellen, dass das vorn am Propeller anliegende Drehmoment auch dem entspricht, was hinten angelegt wird – die e-Sling verfügt über einen Variable-Pitch-Propeller, der eine entsprechende Regelung erfordert“, berichtet Huwyler.

Der Basic Line Drehmomentsensor 4520A auf DMS-Basis zeichnet sich besonders durch sein attraktives Preis-Leistungsverhältnis aus und bietet eine hohe Dynamik mit berührungsloser Signalübertragung (analoges Ausgangssignal 0 bis 10 VDC) bei bis zu 1000 Nm und Drehzahlen bis 10000 U/min. Wie Huwyler weiter berichtet, wurde für den Propeller der e-Sling ein Drehmoment von 400 Nm benötigt. „Im Reiseflug sind es etwa 340 Nm bei um die 2300 U/min, daher haben sich unsere Vorgänger für einen Sensor mit einem Messbereich bis 500 Nm entschieden.“

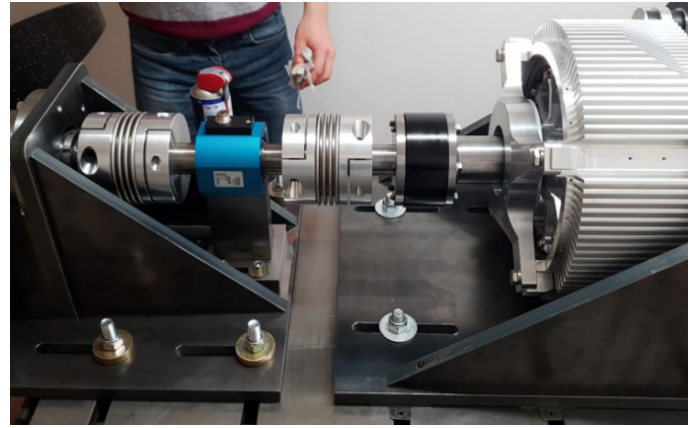
### Sensor von Kistler bewährt sich im laufenden Testbetrieb

Auch Michael Haslinger, im Team Leistungselektronik des Projekts H<sub>2</sub> für die Systeme Inverter und DC/DC-Wandler zuständig, die die Energieübertragung von den Batterien zum Antriebsstrang regeln, hat gute Erfahrungen mit dem Drehmomentsensor von Kistler gemacht: „Er lässt sich dank der sehr guten Dokumentation einfach einrichten und programmieren und ist sehr verlässlich im Handling und in der Nutzung“, berichtet Haslinger. Mit Hilfe des Sensors gelang es ihm und seinem Team, die Regelung des Inverters zu verifizieren. „Praktisch sind auch die integrierte Drehzahlmessung und das einfache Auslesen der Werte. Außerdem hatten wir, anders als bei manch anderem Sensor, keine EMI-Probleme mit dem 4520A.“

Am 19. September 2022 hob die vollelektrische e-Sling schließlich zum ersten Mal vom Testgelände in Dübendorf ab – ein großer Erfolg, dem eine intensive Flugerprobungsphase folgte. Da jedoch Reichweite und Flugdauer des innovativen Elektro-Viersitzers



Der Druck- und Temperaturtransmitter 4080BT von Kistler ist hier im ersten Prototyp des Brennstoffzellensystems von Cellsius verbaut.



Erster Motorprüfstand der e-Sling von Cellsius mit Drehmomentsensor 4520A von Kistler (in blau)

begrenzt sind, nahm Cellsius – der Verein wird von einem sechsköpfigen Vorstand geleitet sowie von Professoren der ETH Zürich beraten – direkt einen weiteren Anlauf: Im Projekt „H2“ wird eine Light Wing AC4 mit einem Brennstoffzellenantrieb ausgerüstet, um eine Flugdauer von mehr als zwei Stunden und eine Reichweite über 250 Kilometer zu ermöglichen – und auch hier spielt Technologie von Kistler eine wichtige Rolle: Zum Drehmomentsensor kommt dann ein weiterer spezieller Transmitter hinzu.

#### Miniatur-Kombisensor hilft, Gewicht zu reduzieren

Cedric Mägli, Ingenieur für das Brennstoffzellensystem berichtet: „Ein Antriebsstrang mit Brennstoffzelle ist ein komplexes System, das viele einzelne Komponenten erfordert. Wir entwickeln einen Großteil davon selbst.“ Die beiden Wasserstofftanks befinden sich unter den Tragflächen der AC4, hinzu kommen das Brennstoffzellensystem mit der Brennstoffzelle selbst sowie den drei Kreisläufen für die Luft- und Wasserstoffzufuhr und die Kühlung, Pufferbatterien, Leistungselektronik und natürlich der Elektromotor – all das schlägt sich auf das Gewicht des Flugzeugs nieder. Temperatur, Druck und Feuchtigkeit der Medien müssen zudem stets kontrolliert werden, was zusätzliche Messtechnik erfordert. Mägli weiter: „Wir waren deshalb bestrebt, die Sensorik möglichst zu vereinfachen und in einem Anschlussblock ohne zusätzliche Halterungen unterzubringen. Der Sensor von Kistler passt da sehr gut ins Konzept.“

Der kombinierte Druck- und Temperaturtransmitter 4080BT ist ein piezoresistiver Miniatursensor mit einem Durchmesser von 12,5 mm und einem Gewicht von weniger als 12 Gramm. Dank der eingebauten PT-1000-Sonde sind kombinierte Druck- und Temperaturmessungen bis 150°C (kompensiert) und maximal 20 bar möglich. Mägli weiter: „Dank des sehr kompakten 4080BT konnten wir Anzahl und Gewicht der nötigen Sensorik reduzieren. Außerdem erfüllt er mühelos die Anforderungen hinsichtlich Temperatur- und Druckbereich sowie Genauigkeit.“

Wann die emissionsfreie AC4 von Cellsius erstmals abheben wird, steht noch in den Sternen – aber dass sie es tun wird, ist ziemlich sicher. Die Studierenden erwerben im Zuge der Projekte nicht nur jede Menge wertvolles Wissen im praktischen Umgang mit alternativen Antriebssträngen – mit ihren Proofs of Concept zeigen sie, was heute bereits möglich ist. Martin Stierli, Business Development Manager Aviation bei Kistler, war schon mehrmals bei Cellsius vor Ort und sagt: „Als innovativer Messtechnik-Anbieter freuen wir uns, Nachwuchingenieure bei ihren Forschungsprojekten zu unterstützen – gerade, wenn es um mehr Nachhaltigkeit im Luftverkehr geht. Da im Rahmen des Projekts H2 noch einige messtechnische Herausforderungen anstehen, bleiben wir sehr gerne in engem Kontakt mit dem Cellsius-Team. Egal ob Schubmessung am Propeller, Zugversuche am Flügel oder diverse Vibrationsmessungen, wir sind da und können dank unseres vielfältigen Portfolios Lösungen finden.“



Das Team von Cellsius für das Studienjahr 2022/23

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Safe, reliable and efficient programs

**Solutions for space testing**  
Proven measuring equipment for all application needs on the ground, in the air and in space

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Safe, smooth and efficient flights

**Solutions for aviation testing**  
Proven measuring equipment for all application needs on the ground and in flight

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

**KIDAQ – data acquisition at a new level**  
Integrated measuring technology thanks to engineering and know-how across the entire measuring chain

www.kistler.com

www.kistler.com

www.kistler.com

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.kistler.com/de/loesungen](http://www.kistler.com/de/loesungen)

**Kistler Group**  
Eulachstrasse 22  
8408 Winterthur  
Schweiz  
Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter [www.kistler.com](http://www.kistler.com)  
Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf [www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.