

# KISTLER

measure. analyze. innovate.



## Pioniere des nachhaltigen Motorsports

Forze Hydrogen Racing setzt in der Fahrzeugentwicklung seines neuen Wasserstoffautos auf Kistler





Der Verstärker 4624AK von Kistler ist integriert im Motorsport-Boliden Forze IX von Forze Hydrogen Racing – er überträgt Signale verschiedener piezoresistiver Drucksensoren an das Steuerungssystem des Wasserstoffautos.

**„Forze IX“ heißt der neueste, mit Wasserstoff angetriebene Rennwagen, der in den Niederlanden von Studenten in Delft entwickelt wird. Zum Einsatz kommen dabei Lösungen von Kistler zur Messung von Druck, Temperatur, Drehmoment und Fahrdynamik. Zwei Brennstoffzellen, null Emissionen, Spitzenleistungen und herausragende Sicherheit: Eigenschaften, die den Forze IX zu einer wahren Errungenschaft machen.**

Nachhaltiger Motorsport, ist das nicht ein Widerspruch in sich? Nicht für Forze Hydrogen Racing. Gegründet im Jahr 2007, als die künftige Wasserstoffwirtschaft noch eine weit entfernte Vorstellung war, begann das studentische Team im Umfeld der TU Delft mit der Entwicklung eines kleinen Go-Karts. Heute arbeitet das Team Forze an der neunten Generation mit Wasserstoff angetriebener Fahrzeuge. Der Forze IX ist ein kompletter Le-Mans-Prototyp-Rennwagen mit beeindruckenden Leistungswerten: Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in unter drei Sekunden, eine Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h und eine Brennstoffzellenleistung von 240 kW (600 kW mit Boost). Mit seinem neuen Fahrzeug will das Team Forze in der GT-Klasse der Supercar Challenge gegen konventionell angetriebene Autos antreten – und damit zeigen, was mit umweltfreundlichen Rennwagen und Wasserstoffantrieb möglich ist.

„Forze“ steht für Formula Zero, eine Serie von Null-Emissionen-Motorsportwettbewerben von 2008 bis 2011, die das niederländische Team in früheren Jahren dreimal in Folge gewonnen hat. „Wir haben uns dann entschieden, einen Schritt weiter zu Full-Size-Rennwagen zu gehen, um unsere Wasserstoff-Technologie weiterzuentwickeln. Das erste dieser Fahrzeuge, der Forze VI, hält noch immer den Rundenrekord für Wasserstoffautos auf dem Nürburgring“, sagt Thomas Noordzij, der gemeinsam mit einem Kollegen für PR und Marketing bei Forze verantwortlich ist. „Doch das war lange bevor ich im August 2022 zum Team stieß. Wir beginnen

jedes Jahr im August wieder mit einer neuen Auswahl von Studierenden.“ Etwa 30 Voll- und 30 Teilzeitkräfte arbeiten im Moment für Forze, das mittlerweile zu einer unabhängigen Stiftung geworden ist, getrennt von der Universität. „Während der Arbeit für Forze werden die Teilnehmenden nicht bezahlt, aber gewinnen natürlich unermessliche Erfahrung und praktische Einsichten während ihrer Zeit hier“, so Noordzij weiter. „Um die Kontinuität zu sichern, bleiben alle Alumni von Forze in unserem Netzwerk verbunden und stehen zur Verfügung, um Wissen zu teilen und das aktuelle Team wenn nötig zu unterstützen.“

#### **Piezoresistive Drucksensoren überwachen Brennstoffzelle**

Forze profitiert von einem dichten Netz aus Partnern, die Technologie, Management-Support und Geld bereitstellen – unter ihnen auch die Kistler Gruppe. Die Messtechnik-Experten liefern zahlreiche Sensoren und Systeme für die Fahrzeugentwicklung an Forze: zum Beispiel die wichtige Instrumentierung für die Brennstoffzelle, aber auch fahrleistungsrelevante Lösungen. Die Entwicklung des Forze IX ist noch in vollem Gange. Erstmals kommen dabei zwei Brennstoffzellen zum Einsatz, so dass die doppelte Leistung auf die vier unabhängig regelbaren Elektromotoren übertragen wird – einen für jedes Rad. Die vier eingebauten Wasserstofftanks verfügen über eine Kapazität von insgesamt 8,4 Kilogramm des flüchtigen Gases. Noordzij weiter: „Wir sind sehr froh, dass wir Kistler als Domain Partner haben. Der erste Kontakt ergab sich im Jahr 2017, und die Produkte sind stets von höchster Qualität, verlässlich und einfach anzuwenden. Dank des breiten Portfolios von Kistler können wir ihre Produkte in vielen verschiedenen Systemen unseres Autos einsetzen. Die Technologie von Kistler wird uns mit Sicherheit dabei helfen, mehr Robustheit und Leistung herauszuholen, sobald das Auto auf der Rennstrecke ist.“

#### **Kompakt und multifunktional: Schlüsselvorteile**

Forze nutzt für die Fahrzeugentwicklung den speziell für Rennsportanwendungen entwickelten Druck- und Temperaturtransmitter 4080BT von Kistler, um die Kühlflüssigkeit direkt an der Pumpe im Kühlkreislauf der Brennstoffzelle zu messen. Da der Temperaturanstieg innerhalb der Pumpe vernachlässigbar ist, kann mit diesem Transmitter auch die Temperatur vor dem Einlass



Thomas Noordzij, Manager PR und Marketing bei Forze Hydrogen Racing, ist Mitglied des 16. Studierendenteams für erfolgreichen Wasserstoff-Motorsport seit 2007.

#### 1. KATHODE

Luft wird angesaugt, gefiltert, auf Temperatur, Feuchte und Druck gebracht und an die Brennstoffzelle weitergeleitet.

#### 2. ANODE

Wasserstoff aus Tanks mit 700 bar wird unter Druckverminderung in die Brennstoffzelle eingespeist.

#### 3. BRENNSTOFFZELLE

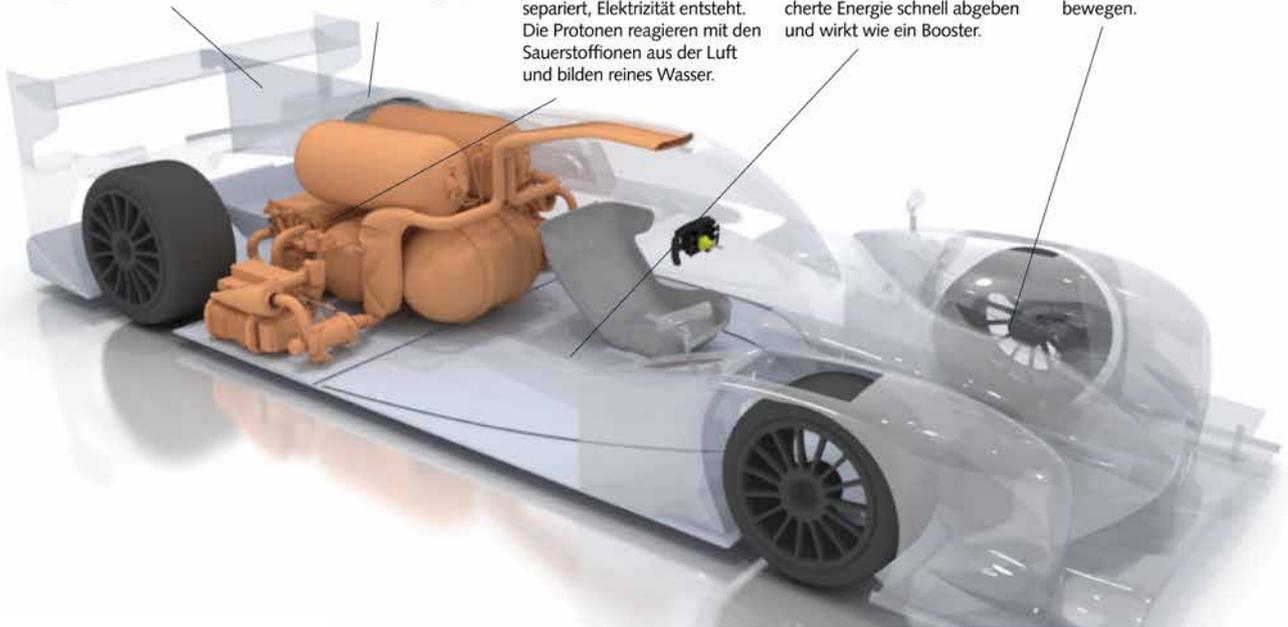
Im Inneren der Zelle werden Wasserstoffatome durch eine Protonen-Austausch-Membran geleitet – Elektronen werden separiert, Elektrizität entsteht. Die Protonen reagieren mit den Sauerstoffionen aus der Luft und bilden reines Wasser.

#### 4. AKKUMULATOR

Der Akkumulator besteht aus mehreren Superkondensatoren und dient als Energiepuffer für die Brennstoffzelle. Er kann gespeicherte Energie schnell abgeben und wirkt wie ein Booster.

#### 5. ELEKTROMOTOREN

Die elektrische Energie aus der Brennstoffzelle treibt vier unabhängige Elektromotoren an, die schließlich die Räder des Autos bewegen.



Verschiedene Messtechnik-Lösungen von Kistler werden für die Fahrzeugentwicklung des neuen Forze IX von Forze Hydrogen Racing eingesetzt – darunter Sensoren für Druck, Temperatur, Drehmoment und Fahrdynamik.

des Kühlers gemessen werden, der letztlich die Kühlflüssigkeit kühlt. „Das erlaubt es uns, die Kühlleistung zu bewerten“, sagt India van Doornen, Chefingenieurin bei Forze. „Wir nutzen die 4080BT-Transmitter auch im vorderen und hinteren Kühlkreislauf des Antriebsstrangs. Hier ist vor allem die Einbausituation eine Herausforderung – deshalb ist es sehr nützlich, dass die Kistler Sensoren sehr klein sind im Vergleich zu Alternativen. Und die Fähigkeit der Sensoren, sowohl Druck als auch Temperatur zu messen, macht sie effizient im Betrieb.“

„Lösungen von Kistler unterstützen uns dabei, die Zuverlässigkeit und Leistung des Autos zu optimieren. Damit haben wir eine Win-win-Situation für beide Partner: Gemeinsam entwickeln wir innovative Messtechnik für den Einsatz von Wasserstoff nicht nur in nachhaltigen Rennsportanwendungen, sondern auch darüber hinaus.“

Thomas Noordzij, PR und Marketing bei Forze

Ein weiterer piezoresistiver Drucksensor, der 4007D von Kistler, kommt auf der Kathodenseite der Brennstoffzelle zum Einsatz, um den Luftdruck innerhalb der Zelle zu messen. „Das ist einer der wichtigsten Sensoren auf der Kathodenseite, weil der Kompressor so ein entscheidendes Element ist“, betont van Doornen. „Generell ist es sehr einfach, die Sensoren und Verstärker von Kistler einzurichten und einzustellen. Deshalb haben wir bisher auch keine wirkliche technische Unterstützung gebraucht, aber die Kontaktaufnahmen mit Kistler wurden immer schnell und hilfreich beantwortet.“

#### Gleichauf mit fossilen Rennwagen – trotz null Emissionen

Die Streckentests für den Forze IX sind für Frühjahr 2023 geplant, und das erste Rennen wird voraussichtlich im Sommer stattfinden. Noordzij noch einmal: „Wir werden es dann mit Ottomotor-angetriebenen Porsches und Lamborghinis in der Supercar

Challenge aufnehmen – und sind natürlich schon sehr gespannt auf das erste Rennen! Neben den Rennwettbewerben nehmen wir auch an nationalen und internationalen Events zu Wasserstoff und Motorsport teil – und wir organisieren etwa einmal im Jahr ‚Track Days‘: Die Verbreitung von Wissen über Technologie und das Vorantreiben von Wasserstoff und Brennstoffzellen sind wichtige Teile unserer Arbeit.“ Wenn es soweit ist, wird Forze noch mehr Technologie von Kistler für die Fahrzeugentwicklung eingesetzt haben: zum Beispiel den Racing-Sensor Correvit SF-Motion, der neben Geschwindigkeit, Längs- und Querbeschleunigung auch Nick- und Wankwinkel erfasst – und das mit hoher Dynamik und auch unter schwierigen Umweltbedingungen. „Dieser holistische Sensor wird im Frühling beim Testen zum Einsatz kommen. Dank seiner breiten Funktionalität und hohen Genauigkeit können wir damit viele andere Sensoren evaluieren, die bereits im Auto verbaut sind“, erklärt van Doornen.

Zu guter Letzt wird Kistler Forze noch mit einer weiteren Neuentwicklung ausstatten: dem Sensor KiTorq DS, entwickelt speziell für Hochleistungsanwendungen im Automobilbereich wie den Motorsport. Mit ihm lässt sich die Ermüdung der Antriebswelle überwachen, die beim Einsatz des Akkumulator-Boosts hohen Lasten ausgesetzt ist. Dieses neue Feature des Forze IX wird aufgeladen durch die Rückgewinnung von Energie beim Bremsen und Überschussleistung der Brennstoffzelle; es ermöglicht schnelle Beschleunigung, belastet jedoch die Antriebswelle stark im Vergleich zur normalen Leistung der Brennstoffzelle. Thomas Noordzij resümiert: „All diese Lösungen von Kistler unterstützen uns dabei, die Zuverlässigkeit und Leistung des Autos zu optimieren. Es ist ein gegenseitiger Prozess, denn wir testen und validieren auch die Prototypen und senden unsere Daten von der Rennstrecke zurück an Kistler. Damit haben wir eine Win-win-Situation für beide Partner: Gemeinsam entwickeln wir innovative Messtechnik für den Einsatz von Wasserstoff nicht nur in nachhaltigen Rennsportanwendungen, sondern auch darüber hinaus.“

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Visual data:  
the basis for engine  
development

**Optical combustion  
analysis**  
Accuracy, understanding and optimizing processes  
in the industrial world

**Das fünfte Element**  
Erfolgreicher Ingenieurstudium mit dem KISTLER KiBox und  
Senkung von Kosten

**Not without my KiBox**  
Packaging and engine development at their sidekick

**SUTEC  
INDUSTRIES**

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.