

Sachbericht Teil I - Kurzbericht

ZE: ESKA Automotive GmbH		Förderkennzeichen: 03B11022F
Vorhabensbezeichnung:	Verbundvorhaben NIP II: „HZwo:SuSyMobil - Stack- und Systemkomponenten von PEM-Brennstoffzellen für Mobilitätsanwendungen“	
Laufzeit des Vorhabens:	01.12.2021 – 31.12.2024	
Berichtszeitraum	01.12.2021 – 31.12.2024	

1. Aufgabenstellung

Medienanschlüsse für Luft-, Wasser- und Kühlmittel an Brennstoffzellen werden aktuell vor allem durch geschraubte Anschlüsse realisiert. Ziel der ESKA Automotive GmbH als Teil der Projektsäule 2 des Projekts ist es, alternative Möglichkeiten zur Anbringung von Medien- und Peripherieanschlüssen zu untersuchen.

Bei geschraubten Anschlüssen müssen an der Endplatte Bohrungen sowie Gewinde eingebracht werden.

Diese Arbeitsschritte sollen entfallen. Dazu werden im speziellen zwei Verfahren untersucht, um die Anschlüsse an die gegossene Endplatte aus Aluminium anzubringen. Zum einen werden die Anschlüsse reibgeschweißt. Hierbei besteht der Vorteil beispielsweise darin, dass verschiedenste Materialien miteinander verbunden werden können, die Schweißstelle keiner Vorbehandlung bedarf und eine einseitige Zugänglichkeit zur Schweißstelle ausreicht.

Des Weiteren sollen die Anschlüsse direkt als Einlegeteile mit in der Endplatte vergossen werden. Herausforderung hierbei besteht darin, die Teile so auszulegen, dass diese gegen Auszug und Verdrehen gesichert sind. Zusätzlich muss untersucht werden, ob Einlegeteile aus Aluminium in Verbindung mit dem Aluminiumdruckguss einsetzbar sind oder ob die Schmelze starke Schäden am Einlegeteil hinterlässt. Die Handmann Leichtmetallgießerei Annaberg GmbH hat dazu bisher nur Erfahrungen mit Einlegeteilen aus Stahl. Die grundlegenden Ergebnisse und Erkenntnisse im Projekt sollen dazu beitragen, marktreife, kaltfließgepresste Produkte (Hülsen und Schweißbolzen) aus hochfesten Aluminiumlegierungen für die industrielle Anwendung im Bereich der Medienanschlüsse und Anschlusskomponenten einer Brennstoffzellenendplatte zu etablieren und anzubieten.

2. Ablauf des Vorhabens

Zu Beginn des Vorhabens wurde eruiert, welche Anschlüsse sich als umformtechnisch hergestellte Aluminiumteile herstellen lassen. Aufgrund der starken Reaktion von Wasserstoff mit Aluminium wurde aus Korrosions- als auch aus Gründen der Dichtheit wurde entschieden, die Entwicklung auf die Anschlüsse für Luft sowie des Kühlmittels zu beschränken. Der Anschluss dafür sollte über eine Art Schlauchtülle erfolgen, sodass die Abdichtung des Schlauches am Medienanschluss mittels Schlauchschelle sowie eines Hinterschnitts am Bauteil erfolgt.

Zuerst erfolgte die Konstruktion der reibgeschweißten Anschlüsse.

Für jeden Anschluss sollte eine möglichst große Durchflussmenge generiert werden. Hierbei wurde die Bauteilgröße demnach durch die verfügbaren Mehrstufenpressen der ESKA Automotive GmbH beschränkt, sodass letztendlich ein Innendurchmesser von $\varnothing 20$ mm festgelegt wurde für das Reibschweißbauteil. Zur Skalierung ist es möglich jeweils ein oder zwei Elemente für Einlass und Auslass für Luft und Kühlfüssigkeit an die Endplatte anzubringen. Die Reibschweißwulst soll bei diesen Elementen hinter einer Positionierhilfe versteckt werden. Der Antrieb erfolgt über einen Achtkantantrieb unter dem sich die Reibschweißfläche befindet, welche eine Bauteilverkürzung von bis zu 2 mm zulässt. Die Ermittlung der passenden Reibschweißparameter erfolgten mit der Reibschweißanlage RSM401 (Fa. Harms & Wende). Vor der Umformung wurde die Geometrie an zerspanend hergestellten Teilen getestet. Anschließend wurden die Teile durch Kaltumformung hergestellt und an die Endplatte angebracht. An der unbearbeiteten Endplatte konnten durch die verschlossenen Bohrungen auch Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden.

Die Elemente zum Eingießen in die Endplatte orientierten sich geometrisch an den Reibschweißelementen. Als Auszugs- und Verdrehsicherung diente ein Rändel. Aufgrund der des Konzepts zum Abdichten beim Guss musste der Durchmesser der Elemente um 2 mm reduziert werden. Es wurden zwei Varianten getestet. Die erste Variante wurde mit einer Passung zum Abdichten gefertigt sowie einen Konus im Inneren. Diese Variante bedarf

spanender Nacharbeit. Die zweite Variante kann ohne Nacharbeit hergestellt werden.

Bei diesen Elementen diente eine gewalzte Wulst zum Abdichten beim Druckguss. Diese Wulst wird zusammen mit dem Rändel in einem Prozess auf die Teile gewalzt. Zur Verifizierung der Herstellbarkeit wurden Versuche mit der Firma Profiroll Technologies GmbH durchgeführt. Auch diese Teile wurden getestet.

3. Zusammenfassung

Als Ergebnis des Projekts sind zwei verschiedene Medienanschlüsse in Form von Schlauchtüllen entstanden. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich die Medienanschlüsse durch Reibschweißen mit der Endplatte dicht verschweißen lassen. Eine Dichtheitsprüfung wurde an unbearbeiteten Endplatten erfolgreich durchgeführt. Die Reibschweißgeometrie in Form einer 5° Schräge hat sich als praktikabel erwiesen. Die Hilfe zur Positionierung und zum Verbergen der Schweißwulst erfüllt zwar die Funktion, zeigt sich jedoch als Ansatzpunkt für Spaltkorrosion. Hier gibt es Optimierungspotential.

Die Elemente zum Eingießen wurden zerspanend hergestellt. Optimierte für den Eingussprozess mit Durchmessern als Passung zur Abdichtung funktionierten problemlos, aber auch die Variante, wie sie „fertigfallend“ hergestellt werden kann, zeigte sich als praktikabel. Beide Elemente lassen sich wirtschaftlich in einem Kaltumformprozess ohne zerspanende Nachbearbeitung herstellen. Beim Reibschweißen kann eine stoffschlüssige, dichte Verbindung hergestellt werden, während bei den eingegossenen Teilen noch überprüft werden muss. Hier ist im Schnittbild ein kleiner Spalt zu sehen. Das Eingießen ist in Bezug auf Korrosionseigenschaften und Prozesskosten jedoch als bessere Variante anzusehen.

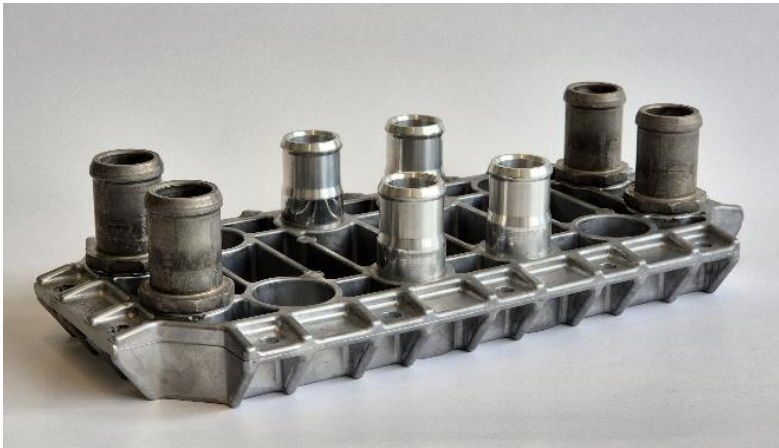


Abbildung 1 Endplatte mit reibgeschweißten (außen) und eingegossenen Elementen (innen)



Abbildung 2 Beispielhafte Ergebnisse Reibschweißversuche, links n.i.O, Mitte und rechts i.O.

Die grundlegende Eignung zum Reibschweißen der beiden Legierungen ist somit erwartungsgemäß gegeben. Die Parameter mussten in AP 2.3.4 und 2.3.6 jedoch nochmals für die entwickelten Bauteile angepasst werden. Die Durchführung aller im Projekt durchgeführten Reibschweißversuche erfolgte im Labor der ESKA Automotive GmbH an der Versuchsanlage RSM401 (Hersteller: Fa. Harms & Wende).



Abbildung 3 Reibschweißanlage RSM401

Kostenpunkte:

- Abschreibung Labor-Reibschweißanlage RSM401

1.2 AP 2.3.2: Konzeptentwicklung zur Geometrie der Anschlüsse für das Eingießen im Druckguss

Die Geometrie des Eingussbauteils orientiert sich in den grundsätzlichen Zügen an der Geometrie des Reibschweißbauteils aus AP 2.3.3. Für die Eingussbauteile sollen die gleichen Bohrungen der Endplatte ohne Änderung verwendet werden können, weshalb der Außendurchmesser im Eingussbereich auf 26 mm einzustellen ist. Zusätzlich dient ein Kreuzrändel als Auszugssicherung im einzugießenden Bereich.

Die Abdichtung zum Guss erfolgt über eine Hülse die bündig am Teil anliegen muss. Daher wurde der Bereich mit $\varnothing 26$ noch ca. 10 mm über die Endplatte hinaus erweitert. Die Wulst zur Abdichtung für den Schlauch darf nicht breiter sein als der eingegossene Durchmesser, da ansonsten die Hülse zum Abdichten nicht über den

Medienanschluss geschoben werden kann. Daher wurde das Eingusselement im oberen Bereich schmaler ausgeführt, was auch den Innendurchmesser und damit die Durchflussmenge reduziert. Die Wandstärken wurden beibehalten, um eine Umformbarkeit weiterhin zu gewährleisten.

Auf der unteren Seite dient ein Stopfen zum einen der Abdichtung, zum anderen aber auch als Stütze gegen den Aluminiumdruckguss, sodass das Eingussbauteil keine zu große Verformung beim Druckguss erleidet.

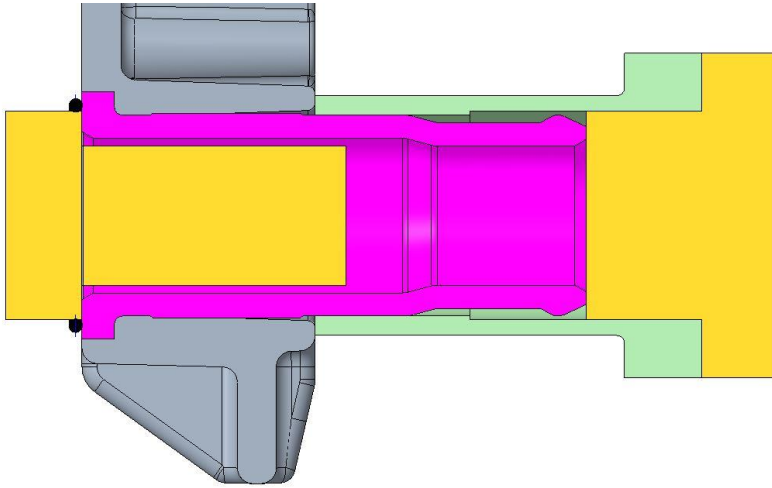


Abbildung 4 Konzept zur Abdichtung vom Guss

Die finale Geometrie der Eingusselemente kann in den beiden nachfolgenden Zeichnungen eingesehen werden. Es sind hierbei 2 Geometrien entstanden. Zum einen erfolgt die Abdichtung zum Guss durch eine Passung über dem Kreuzrändel und einer konischen Bohrung innen, um den Stopfen leichter entfernen zu können. Diese Variante ist nicht presstechnisch fertigfallend herstellbar.

Bei der zweiten Variante ist die Bohrung innen gerade und die Abdichtung zum Guss erfolgt über eine gewalzte Wulst, welche am Guss durch ein Übermaß zur Hülse abdichten soll.

Die Variante ist fertigfallend ohne nachträgliche Bearbeitung herstellbar, was die Wirtschaftlichkeit der Bauteile stark verbessert.

Da bisher derart dünnwandige Teile nicht gewalzt wurden, mussten hierzu Versuche mit der Fa. Profiroll durchgeführt werden, um die Machbarkeit zu bewerten. Ebenso musste ermittelt werden, wie stark sich die gewalzte Wulst ausformen lässt. Im Ergebnis ist es möglich, das Rändel als auch die Wulst durch Walzen auf einen Dorn an einer Rolle-Rolle-Walze herzustellen. Dazu musste der Außendurchmesser des Rohlings noch minimal angepasst werden, um die Wulst entsprechend auszuformen, ohne dass der Außendurchmesser sich zu stark vergrößert ($\varnothing 26 \rightarrow \varnothing 25,85 \text{ mm}$).

Kostenpunkte:

- F+E-Fremdleistung Walzversuche zur Machbarkeit des Walzens Rändel + Rille
- Prototypen Muster „kurz“ für Walzversuche
- Prototypen für Walzversuche Variante 2
- Prototypen komplett Variante 1

1.3 AP 2.3.3 Entwicklung, Geometrieableitung und Verifizierung des Medienanschlusskomponentendesigns an Prototypen

Es wurde sich dazu entschlossen lediglich die Anschlüsse für Luft- und Kühlmedium durch Reibschweißanschlüsse darzustellen. Dies hängt zu einen mit dem Werkstoff Aluminium zusammen, der in Verbindung mit Wasserstoff zur Korrosion neigt und zum anderen mit der Dichtheit der Anschlusselemente.

Eine absolute Dichtheit, wie sie beim Wasserstoffanschluss benötigt wird, kann nicht durch die geplante Schlauchverbindung ohne weitere Dichtelemente gewährleistet werden.

Aufgrund dessen wird die Anbindung von Wasserstoff durch geschraubte Kupplungen aus rostfreiem Stahl ausgeführt.

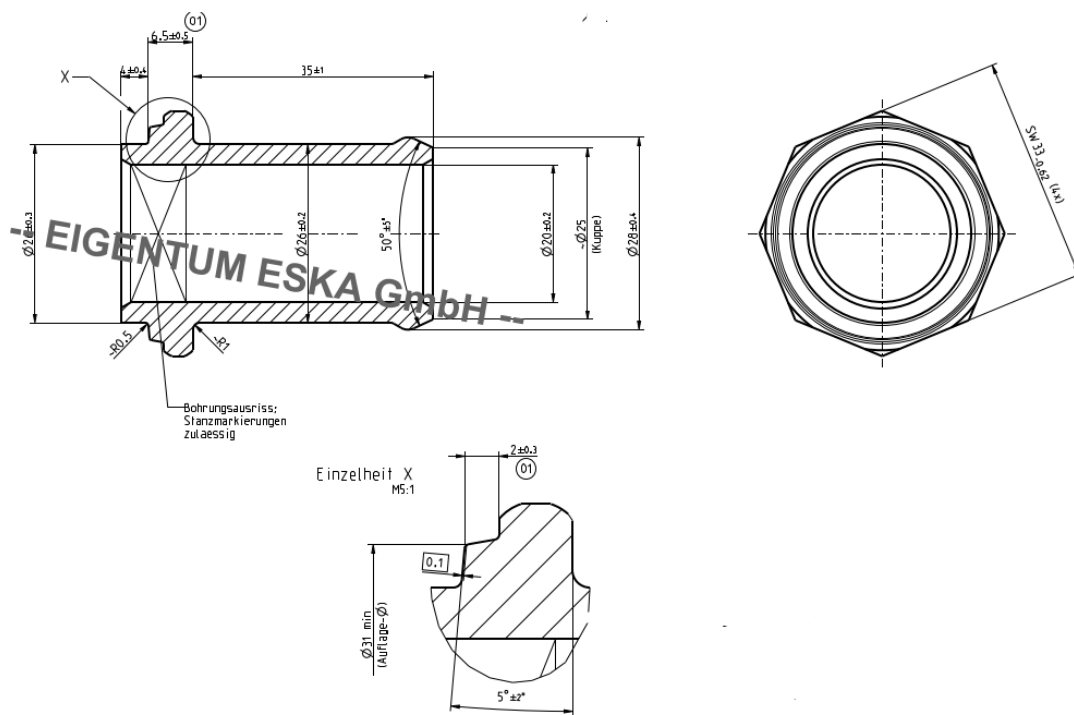


Abbildung 7 Skizze Reibschweißelement

Die Abdichtung erfolgt mittels einer Wulst über die der Schlauch geschoben wird. Der Schlauch hat dabei einen Innendurchmesser von 25 mm. Die Wulst hat einen \varnothing von 28 mm und die folgende Auflage von 26 mm. Des Weiteren wird der Schlauch noch mit einer Schlauchschelle fixiert. Die Dichtheit der Reibschweißverbindung, als auch der Schlauchverbindung wird im weiteren Verlauf des Projekts noch untersucht.

Der Kraftangriff mit SW33 dient als Antrieb für das Reibschweißen. Der darunter angebrachte „Teller“ mit 2mm Höhe dient dazu eine definierte Fläche für das Reibschweißen zu generieren. Die Höhe von 2 mm ist für die Bauteilverkürzung beim Reibschweißen vorgesehen.

Die in die Bohrung eindringende Vertiefung hat hierbei zwei Funktionen. Zum einen wird dadurch die beim Reibschweißen entstehende Schweißwulst verdeckt, sodass diese nicht im durchströmenden Medium liegt und sich somit nicht lösen kann. Zum anderen dient sie als Positionierhilfe, da die Verschweißung im Projekt händisch ausgerichtet werden muss. Die Vertiefung erleichtert dabei eine mittige Positionierung.

Korrosionstechnisch ist diese Variante durch die Gefahr von Spaltkorrosion nicht optimal, aber wurde im Projekt als die am besten umsetzbare Lösung gewählt.

Die Entwicklung und Konstruktion der Aufnahme für das Reibschweißen erfolgte durch die Fa. Harms & Wende. Diese ist so ausgeführt, dass es beim Verbau nicht zur Gefahr einer Kollision kommt.

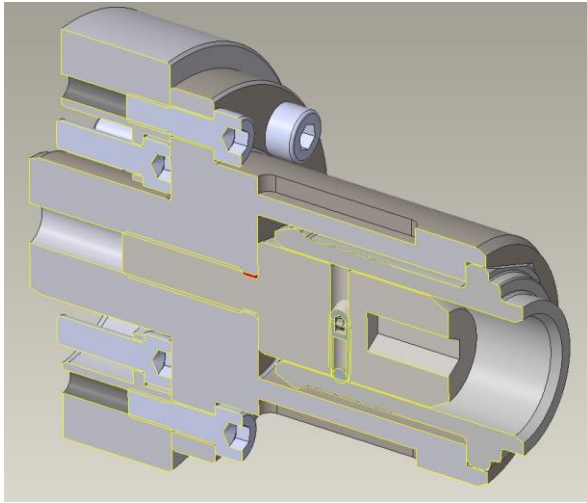


Abbildung 8 Konzept Werkstückaufnahme Reibschweißen

1.4 AP 2.3.4 Reibschweiß- und Gießversuche zur Verifizierung Medienanschlussdesign durch Reibschweißen / Eingießen auf Versuchs-Gießwerkzeug

Zur Ermittlung der Dichtheit am Schlauchanschluss sowie an der Reibschweißnaht wurden gedrehte Prototypen des Reibschweißbauteils mit gedrehten Dummies, welche die Geometrie des Gusses abbilden, verwendet. Zur Ermittlung der Dichtheit am Schlauchanschluss wurden Prototypen ohne durchgehende Bohrung verwendet. Der Schlauch mit einem Innen- \varnothing von 25 mm wurde mittels einer Schlauchschelle auf den Prototypen ohne Loch befestigt. Zur Prüfung diente hier eine Handpumpe mit Manometer. Im Betrieb sollte eine Dichtheit bis 1,5 bar gewährleistet sein, getestet wurde im Versuch mit bis zu 3 bar. Dabei konnte keine Undichtigkeit festgestellt werden.

Für die Ermittlung der Reibschweißparameter auf den späteren Gussbauteilen wurden zunächst gedrehte „Reibschweißdummies“ verwendet, welche die Geometrie des Gusses abbilden. Diese wurden aus der Legierung EN AW-6082 (T6) gefertigt. Die Versuche sollten erste Hinweise auf die Machbarkeit einer dichten Verbindung liefern, da davon auszugehen war, dass sich hierbei keine größeren Änderungen ergeben. Bei einer Verschweißung auf Guss wurden bessere Ergebnisse erwartet durch den ununterbrochenen Faserverlauf sowie der geringeren Festigkeit des Materials.

Die besten Ergebnisse wurden mit den folgenden Parametern erzielt:

- Reibzeit (geringer Einfluss): 500ms
- Reibkraft: 6bar (14241N)
- Drehzahl: 20000U/min
- Stauchkraft: 6bar (14241N)
- Stauchzeit: 2s
- Reib-/Stauchdruck: 151,1 N/mm²

Es ist hierbei zu sagen, dass es in diesen Versuchen nicht gelungen ist, eine dichte Verbindung zu erzeugen. Hierfür wurden die oben genannten Parameter in allen Varianten variiert. Die besten Ergebnisse zeigten hier die höchstmögliche Kraft sowie die höchstmögliche Drehzahl. Da eine Verringerung dieser Werte in diesem Versuch stets schlechtere Werte erzielte, wurden die Versuche an der Laboranlage nicht weiterverfolgt und an den Gussmustern nochmals getestet und variiert. Diese Erkenntnisse sind in AP 2.3.6 beschrieben.



Abbildung 9 Aufbau Dichtheitsprüfung mit Handpumpe und Manometer



Abbildung 10 Undichte Reibschweißverbindung



Abbildung 11 gedrehter "Reibschweißdummy" sowie Medienanschluss (beides aus EN AW-6082 T6)



Abbildung 12 Proben mit verschiedenen Reibschweißparametern

Kostenpunkte:

- Prototypen Reibschweißelement als Drehteil
- Werkzeug Reibschweißen

1.5 AP 2.3.5 Werkzeugkonstruktion, Werkzeugfertigung und Herstellung von kompakten, universellen Anschlüssen zur Komponentenbefestigung und Medienführung auf Al-Basis

Aufgrund der Größe der Medienanschlüsse musste auf eine deutlich größere Presse als ursprünglich geplant umgestiegen werden. Dadurch sind die Werkzeugkosten um ein vielfaches höher als ursprünglich angenommen. Daher werden lediglich die reibgeschweißten Medienanschlüsse umgeformt.

Für die Eingussteile wurden Untersuchungen zur Herstellbarkeit im Zuge von AP 2.3.2 durchgeführt, sodass eine wirtschaftliche Fertigung sinnvoll bewertet werden kann.

Die Konstruktion der Werkzeuge für das Reibschweißelement umfasst einen Werkzeugsatz für eine 6-Stufen Presse (FXP86M der Fa. National Machinery). Insgesamt umfasst dieser Werkzeugsatz 159 Einzelwerkzeuge.

Ausgangsmaterial für die Anschlusselemente ist ein $\varnothing 23$ mm Aluminiumdraht in der Legierung EN AW-6056. Dieser wird als Coil verarbeitet. Nach dem Abschnitt wird der Draht in sechs Stufen zum fertigen Teil umgeformt. Anschließend werden die Teile gewaschen und einer T6-Wärmebehandlung unterzogen, welche aus der Legierung erreicht dadurch eine Festigkeit von >400 MPa. Der Fertigungsablauf für einen Serienprozess für die beiden Anschlusselemente kann Abbildung 13 entnommen werden.

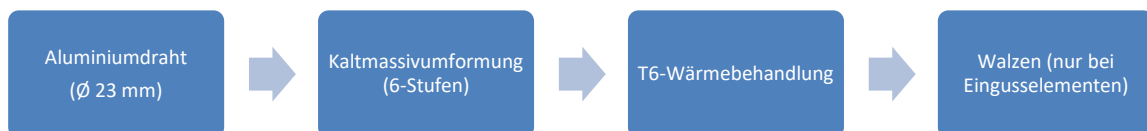


Abbildung 13 Prozesskette Reibschweiß- + Eingusselement



Abbildung 14 6-Stufen Presse FXP86M am Standort Bärenstein

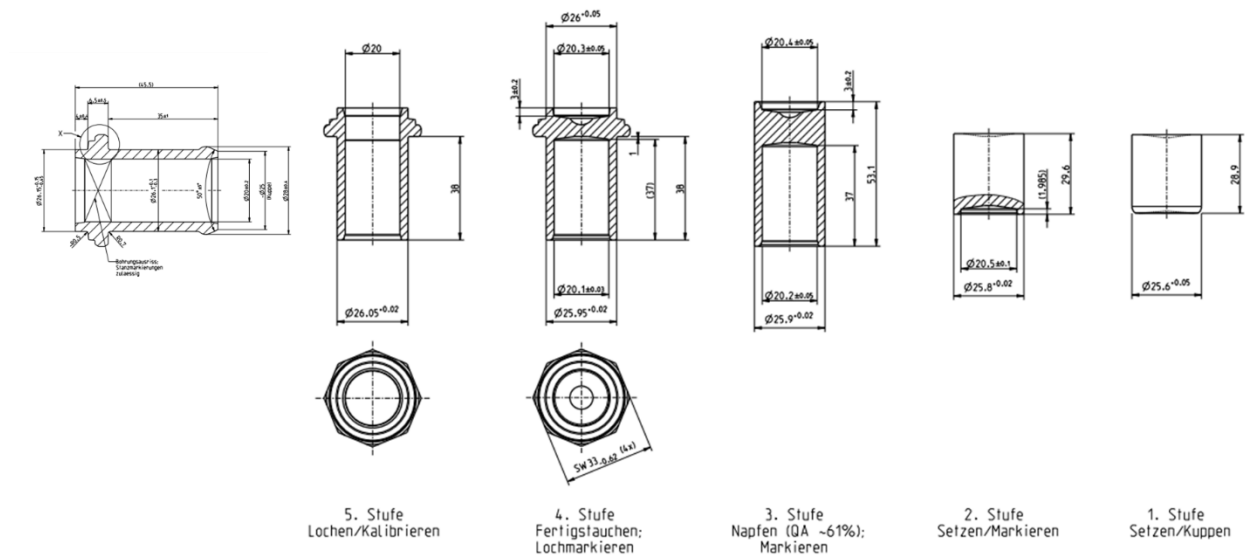


Abbildung 15 Stufenplan für Umformung Medienanschluss



Abbildung 16 Stufenfolge Umformung

Kostenpunkte:

- Werkzeugsatz Umformung
- Aluminiumdraht für Umformung

1.6

AP 2.3.6 Untersuchungen zum Reibschweißen der Anschlüsse in/an prototypische Funktionsmustern an Gussmustern

Für die Versuche an den Funktionsmustern wurden gegossene Endplatten ohne Porendruckguss verwendet, da dieser im Projekt nicht zielführend durchgeführt werden konnte. Zur Durchführung der Versuche an den Endplatten war es notwendig eine entsprechende Aufspannvorrichtung, welche in die vorhandene Reibschweißanlage passt zu beschaffen. Diese besteht aus einer Trägerplatte, dem Schiebetisch sowie zwei Schraubstöcken (Spannböcken), um die Endplatte zu fixieren. Die Ausrichtung der Platte erfolgte für jeden Versuch dabei per Hand. Der entsprechende Versuchsaufbau ist im nachfolgenden Bild zu sehen.

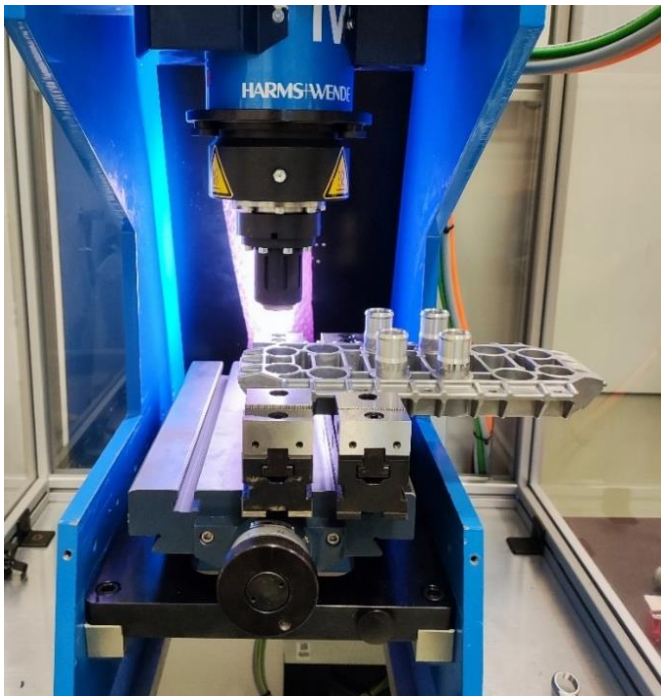


Abbildung 17 Reibschweißanlage mit Aufspannvorrichtung für Endplatte

Zu Beginn wurden mit den in AP 2.3.4 ermittelten Parametern Reibschweißversuche auf unbearbeiteten Endplatten gestartet. Diese unbearbeiteten Endplatten haben den Vorteil, dass die Bohrungen noch geschlossen sind und somit auch eine Dichtheitsprüfung der Verbindung durchgeführt werden konnte. So konnten die Parameter zur Erzeugung einer dichten Verbindung ermittelt werden.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass es sich beim verwendeten Verfahren um ein Schwungmassenreibschweißen handelt. Das bedeutet, dass der Antrieb mit Bauteilkontakt abschaltet und die Umdrehungen lediglich durch die Schwungmasse erhalten bleiben. Auch an der Endplatte erzeugte die bisher ermittelten Parameter keine feste und dichte Verbindung.

Es konnten durch weitere Versuche und Anpassungen am Reibschweißprogramm letztlich Parameter ermittelt werden, die im Versuch sichere Verbindungen erzeugten.

Dazu wurde der Reibvorgang zweistufig ausgeführt. Im ersten Schritt ist eine Reibzeit von 1s, bei 1 bar und 17500U/min programmiert. Dadurch kann zunächst mehr Hitze in den Prozess eingebracht werden. Danach wird 0,5s bis zum Stillstand der Spindel mit 4 bar nachgedrückt und in der Stauchphase ist ein Druck von 6 bar eingestellt. Die Bauteilverkürzung beträgt im Mittel ca. 1,8 mm.

Im Ergebnis konnten mit der vorhandenen Anlage Parameter ermittelt werden, welche eine stoffschlüssige, feste Verbindung erzeugen (siehe Schliffbild Abbildung 18). Für einen potentiellen Serienprozess müssen die Parameter erneut angepasst werden. Grundsätzlich liefern die im Projekt an der Laboranlage ermittelten Werte erste Ansatzpunkte. Die Dichtheit der Verbindung kann vollständig erst mit den Funktionsmustern im Verbau überprüft werden.

Im Vergleich zu den eingegossenen Elementen (Abbildung 19) ist jedoch der Vorteil eines vollständiges Stoffschlusses im Schliff klar zu erkennen.

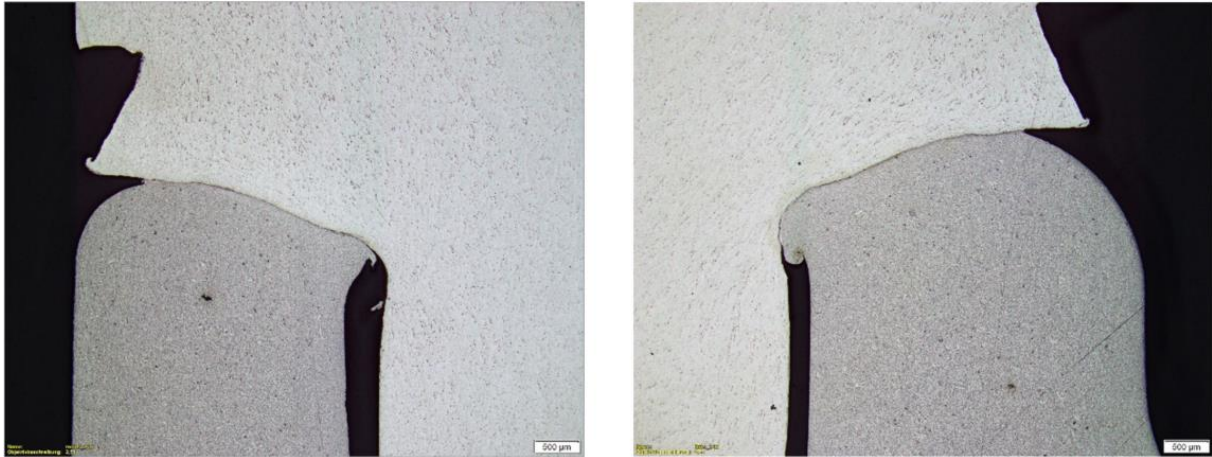


Abbildung 18 Schliffbild reibgeschweißte Verbindung (Quelle: Fraunhofer IWU)

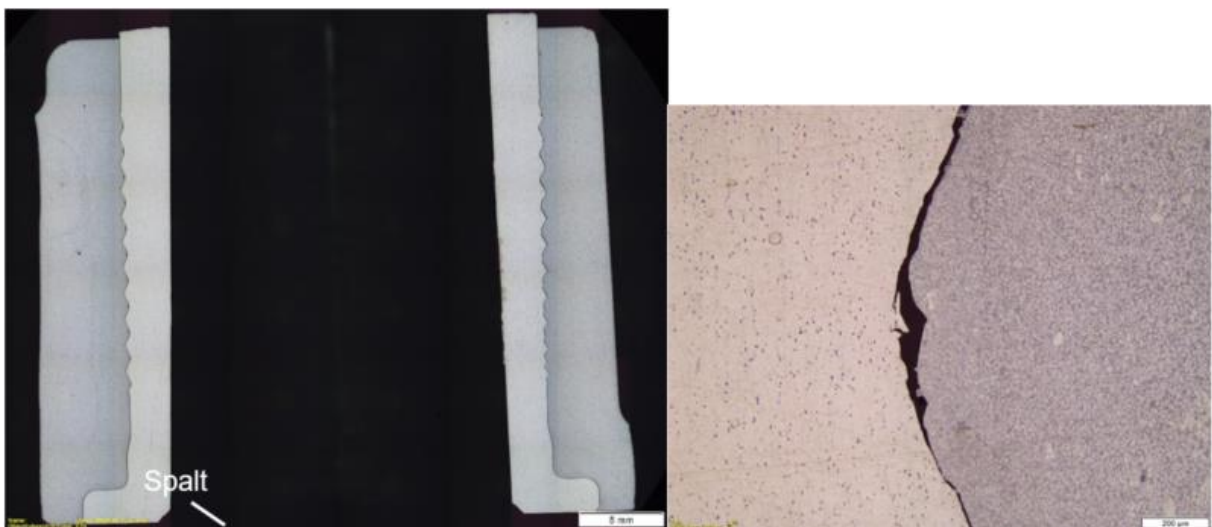


Abbildung 19 Schliffbild eines eingegossenen Elements (Quelle: Fraunhofer IWU)

Kostenpunkte:

- Abschreibung Labor-Reibschweißanlage RSM401
- Aufspannvorrichtung

1.7 AP 2.3.7 Ableitung des Industrialisierungspotenziales unter Berücksichtigung relevanter Anwendungsfelder / Stückzahlen

Zur Ermittlung des Industrialisierungspotenziales wurden verschiedene Stückzahlenszenarien angenommen. Zum einen eine Jahresmenge an Brennstoffzellen von 10000 Stück/ Jahr sowie eine Menge von 50000 Stück/a. Für jede Brennstoffzelle sind jeweils acht Medienanschlüsse vorgesehen.

Bei der Auslegung der Anschlusselemente wurde bereits darauf geachtet, dass diese derart konstruiert sind, dass eine wirtschaftliche Fertigung ohne nachfolgende Zerspanungsarbeitsgänge möglich ist.

Mit der entsprechenden Stückzahl lässt sich somit eine wirtschaftliche Fertigung realisieren.

Die entsprechenden Kosten für jeweils 100 Stück der Medienanschlüsse bei den beiden Stückzahlenszenarien können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	80.000 Stk./a	400.000 Stk./a	Bemerkung
Reibschweißelement (Pressen + T6 Wärmebehandlung + Verpackung)	66,91€/100 Stk.	58,39€/ 100 Stk.	- Zzgl. 35000€ Werkzeugkosten (einmalig für Erstausrüstung) - Ohne Prüfkosten
Eingusselement (Pressen + T6 Wärmebehandlung + Walzen + Verpackung)	85,38€/100 Stk.	75,89€/ 100 Stk.	- Zzgl. 40000€ Werkzeugkosten (einmalig für Erstausrüstung) - Ohne Prüfkosten

Tabelle 1 kalkulatorische Kosten der Medienanschlüsse für 10000 und 50000 Brennstoffzellen mit jeweils 8 Anschlüssen

Grundsätzlich muss bei der Betrachtung der Kosten noch zusätzlich beachtet werden, dass bei den Reibschweißelementen noch der Schweißprozess hinzukommt. Bei Anschaffung einer entsprechenden Reibschweißanlage können hier nach Angabe eines Herstellers von Reibschweißmaschinen ca. 800000€ angesetzt werden (grober Richtpreis). Damit wird der Prozess mit den Reibschweißelementen deutlich teurer als mit den Eingusselementen. Ebenso würde ein Reibschweißen in Lohnarbeit gem. einer Schätzung der Firma Kuka bei ca. 3€ je Verschweißung liegen.

1.8 AP 2.6.3 Konzept für ein Anschlusssystem mit skalierbaren Schnittstellen

Das Skalierungs- und Baukastenkonzept aus AP2.6 betrachtet eine Erweiterung des Endplattenkonzepts in x-, y- und z-Richtung und die dabei notwendigen Anpassungen.

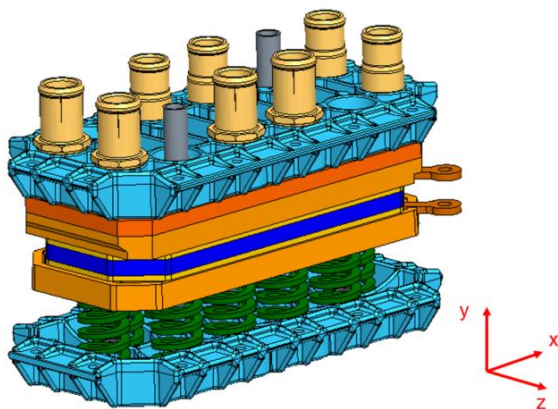


Abbildung 20 Darstellung Koordinatenrichtungen an Brennstoffzelle mit Einzelzellaufbau (Quelle: Fraunhofer IWU)

In Bezug auf die Medienanschlüsselemente gibt es an der aktuellen Konstruktion nur geometrische Änderungen bei einer Vergrößerung der Endplatte in z-Richtung. Hierbei werden größere Querschnitte notwendig. Bei einer Anpassung in y-Richtung werden grundsätzlich mehr Zellen gestapelt, was zu einem erhöhten Medienbedarf führt. Dazu kann die Anzahl der Luft- und Kühlkanäle auf jeweils zwei Ein- und Ausgänge erhöht werden. Eine Erhöhung ist solange möglich, bis die Querschnitte nicht mehr ausreichen. Bei der Skalierbarkeit in x-Richtung können beliebig viele Anschlüsse für das Kühlmedium hinzugefügt werden. Die Luftanschlüsse sind weiterhin auf zwei Ein- und Ausgänge beschränkt.

Bei der Skalierung in z-Richtung mit Vergrößerung der Querschnitte müssen konstruktiv und wirtschaftlich mehrere Faktoren betrachtet werden. Bei der Umformung ist es wichtig, dass das Wandstärken-Durchmesser-Verhältnis beibehalten wird, um weiterhin eine sichere Umformung zu gewährleisten.

Des Weiteren sollte auch die Verfügbarkeit der für die Umformung notwendigen Maschinen, als auch des Drahtes betrachtet werden. Gezogene Aluminiumdrähte aus Gießwalzdraht sind aktuell nur bis zu einem Durchmesser von $\varnothing 30$ mm am Markt erhältlich. Im Projekt wurde mit einem $\varnothing 23$ mm gearbeitet.

Außerdem wurde in diesem Projekt mit einer Horizontal-Mehrstufenpresse gearbeitet, bei der es sich mit um eine der größten am Markt erhältlichen Maschinen handelt. Die Anschlusselemente könnten an dieser Maschine nur minimal größer gefertigt werden.

Es gibt für die Fertigung durch Umformung bei einer Vergrößerung der Elemente jedoch die Möglichkeit auf mehrstufige Vertikalpressen umzustellen. Ebenso kann man dann auch mit einer Abschnittszuführung arbeiten. Die entsprechenden Abschnitte könnten dann auch aus stranggepressten Profilen stammen, welche in größeren Durchmessern als Gießwalzdraht vorhanden sind. Zusammenfassend muss bei der Vergrößerung in z-Richtung die Umformung neu ausgelegt und der Herstellungsprozess neu bewertet werden.

1.9 AP 2.7.3 Anbringen eines kompakten Anschlusssystems im Gießprozess (Eingießen) oder nach dem Gießen (Reibschweißen, Einschrauben)

Entsprechend AP 2.3.6 wurden Funktionsmuster mit Reibschweißanschlüssen bestückt.

Dabei wurden 2 Varianten hergestellt. Zum einen Teile mit 4 eingegossenen Anschlüssen für Kühlflüssigkeit sowie 4 reibgeschweißten Anschlüssen für Luftein- und auslass.

Zudem wurden Muster hergestellt, bei denen alle acht Anschlüsse reibgeschweißt wurden.

Ein Teil der beiden Varianten wurde zudem noch blau eloxiert.

Abschließend wurden noch Gießversuche mit den umformtechnisch herstellbaren Eingsusteilen durchgeführt.

Hierbei ging es lediglich, um die Funktionalität dieser Eingsusteile, welche durch die Versuche bestätigt wurde.

Allen daran beteiligten Projektpartnern (TUC, Fraunhofer IWU, Handtmann) wurden vollständige Funktionsmuster zur weiteren Verwendung und Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

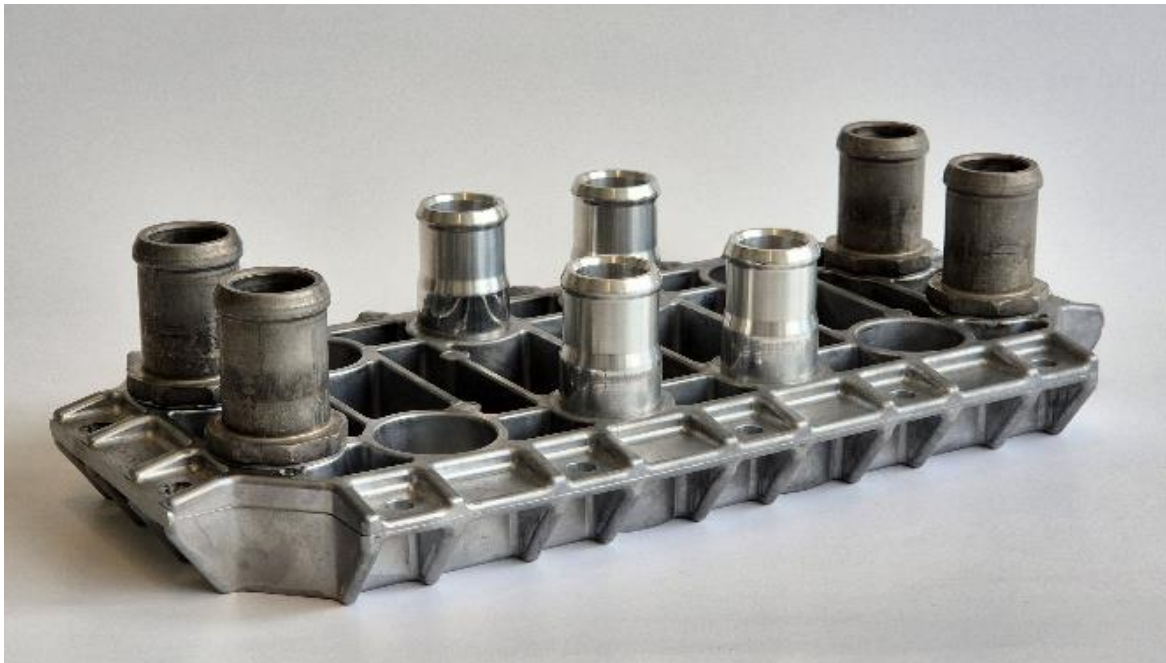


Abbildung 21 Endplatte mit reibgeschweißten (außen) und eingegossenen Elementen (innen)

2. Verwertung der Ergebnisse

Im Projekt konnte die Möglichkeit des Einsatzes des Reibschweißens als auch des Eingießens von Medienelementen in die Endplatte gezeigt werden. Damit ist es wie angedacht möglich, Bearbeitungsschritte wie das Einbringen einer Bohrung sowie des Gewindes einzusparen. Besonders das Eingießen kann hier wirtschaftlich einen Mehrertrag erzeugen. Der Reibschweißprozess wird bei Betrachtung der Wirtschaftlichkeit wohl eher keinen Mehrwert darstellen. Hier könnte eher die stoffschlüssige, dichte Verbindung einen Mehrwert generieren.

ESKA konnte im Projekt neue Kenntnisse für den Reibschweißprozess generieren. Da dieser Prozess bei der Fa. ESKA neu ist, konnten auch weitere Kenntnisse zur Anlagentechnik gewonnen und Möglichkeiten mit der vorhandenen Anlage neu bewertet werden.

Insbesondere aber für die Werkzeugauslegung, Werkstoffeigenschaften und Materialhandling konnten bei der Fertigung der dünnwandigen Aluminiumhohlteile neue Erkenntnisse und Sicherheit in Bezug auf die Bewertung neuer Anfragen gewonnen werden. So wurden beispielsweise im Drahteinzug vorhandene Stahlrollen durch Einzugs- und Richtrollen aus Kunststoff ersetzt um Beschädigungen am Draht zu vermeiden.

Grundsätzlich lassen sich derartige vereinfachte Schlauchanschlüsse in Form einer Schlauchtülle ohne Nachzerpannung auch in weiteren Anwendungsgebieten einsetzen. Denkbar wäre hier ein Einsatz in hydraulischen und pneumatischen Systemen, wo aktuell häufig zerspannte Fittings aus Messing eingesetzt werden.

Derartige Fittings könnten alternativ zur Reibschweißgeometrie auch mit Gewinde gefertigt werden.

Die Vorstellung beim Kunden erfolgt durch den Vertrieb, bspw. als Ausstellungsstück auf Messen.

3. Veröffentlichungen und Öffentlichkeitsarbeit

Fachveröffentlichungen:

Schmiedel, R.; von Unwerth, T.; Keller, N.; Chhaniyara, D.; Mandel, M.; Krüger, L.; Schneider, F.; Hohlfeld, J.; Hannemann, C.; Petschel, H.; Bayer, F.; Günther, A.; Ihle, R.; Flach, S. (2024): Großserientechnologische Fertigung von Endplatten-Verspannsysteme für Brennstoffzellenstacks. Paper im Konferenzband 3. Fuel Cell Conference Chemnitz (FC³) 2024, 2024. 978-3-95735-189-0

Keller, N.; von Unwerth, T.; Schmiedel, R. (2024): Untersuchung unterschiedlicher Systemtopologien und -komponenten mittels eines 1 kW-Testsystems für Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen: Konstruktion und Aufbau des Anodensubsystems. Paper im Konferenzband 3. Fuel Cell Conference Chemnitz (FC³) 2024, 2024. 978-3-95735-189-0

Hohlfeld, J.; Hannemann, C.; Schneider, F.; Fritsch C.; Günther A.; Petschel, H.; Wember T.; Schmiedel, R.: Porendruckguss – ein Weg, Aluminium einzusparen?

Posterbeiträge:

Schmiedel, R.; Keller, N.; von Unwerth, T. (2022): HZwo:SuSyMobil, Stack- und Systemkomponenten von PEM-Brennstoffzellen für Mobilitätsanwendungen. Poster

Veranstaltungen:

14.06.2023: Kongress der Wasserstoffantriebe, Chemnitz: Vortrag im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsplattform Open Source Stack

4.-5.06.2024: Woche der Umwelt, Berlin: Stand mit Ausstellung der Projektergebnisse im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsplattform Open Source Stack

11.06.2024: HZwo Projektkolloquium, Chemnitz: Vortrag, Vorstellung der Projektergebnisse

12.06.2024: Kongress der Wasserstoffantriebe, Chemnitz: Ausstellung der Projektergebnisse

24.09.2024: NOW Marktplatz Zulieferer, Berlin: Vortrag und Ausstellung der Projektergebnisse

08.10.2024: Hy-fcell, Stuttgart: Vortrag im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsplattform Open Source Stack

11.-14.03.2025: Zuliefermesse Z, Leipzig: Ausstellung Endplatte am Firmenstand