



Leistungsbeschreibung Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem

Version 2.0 vom 21.09.2026

Lehrstuhl für Nachhaltige Mobile Antriebssysteme

School of Engineering and Design

Technische Universität München

Table of Contents

1	Einleitung.....	3
1.1	Zielsetzung	3
1.2	Kurzbeschreibung des Lieferumfangs.....	3
2	Technische Anforderungen.....	4
2.1	Anforderungen an das Containersystem.....	4
2.1.1	Funktionalität	4
2.1.2	Messtechnik.....	5
2.1.3	Sicherheit / Überwachung.....	5
2.1.4	Installationsort.....	5
2.1.5	Schnittstellen	5
2.2	Anforderungen an das Elektrolysesystem	6
2.2.1	Funktionalität	6
2.2.2	Messtechnik.....	6
2.2.3	Software / Betrieb	7
2.2.4	Schnittstellen	7
2.3	Anforderungen an das Brennstoffzellensystem.....	7
2.3.1	Funktionalität	7
2.3.2	Messtechnik.....	7
2.3.3	Software / Betrieb	8
2.3.4	Schnittstellen	8
3	Lieferung und Installation.....	8
4	Inbetriebnahme und Schulung	9
5	Wartung und Support.....	9
6	Zahlung und Angebotsabgabe.....	10

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Der Lehrstuhl für Nachhaltige Mobile Antriebssysteme (NMA) der Technischen Universität München (TUM) beabsichtigt im Rahmen eines Forschungsprojektes, ein Wasserstoffelektrolyse- sowie Wasserstoffbrennstoffzellensystem anzuschaffen. Die beiden Systeme werden in das lehrstuhleigene Inselnetz mit Photovoltaikanlage, Batterie- und Wasserstoffspeicher integriert, um Betriebsstrategien für die Energiewende zu erforschen. Insbesondere die Fragestellung zur optimalen Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff steht im Zentrum des Forschungsprojekts.

Das Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem müssen in einen gemeinsamen Container mit Sicherheitsüberwachung integriert werden. Der Elektrolysestack muss eine elektrische Anschlussleistung von mindestens 25 kW (Beginn of Life, BoL) und das Brennstoffzellensystem eine elektrische Nenndauerleistung von mindestens 10 kW (BoL) besitzen. Beide Systeme müssen die Polymerelektrolytaustauschmembran-Technologie (PEM) nutzen.

1.2 Kurzbeschreibung des Lieferumfangs

Gegenstand dieser Leistungsbeschreibung ist ein Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem als containerisierte Gesamtlösung, der mindestens folgende Hauptkomponenten umfassen muss:

- Container inklusive Sicherheitsüberwachung und Medienschnittstelle
- Elektrolysesystem inklusive
 - Elektrolysestack(s)
 - Herstellungsanlage von DI-Reinstwasser auf Basis von Leitungs-/Trinkwasser
 - Speise- und Kühlwasserkreislauf mit Sauerstoffabscheider
 - Wasserstoffaufbereitungsanlage für H₂-Qualität 5.0
 - Kühlung über Außenkühler
 - Steuerung mit Sicherheitstechnik über branchenübliche und standardisierte Schnittstelle
- Brennstoffzellensystem inklusive
 - Brennstoffzellenstack(s)
 - Flüssigkeitskühlkreislauf mit Außenkühler
 - Wasserstoffversorgungseinheit mit Wasserstoff-Rezirkulation
 - Luftversorgungseinheit
 - Steuerung mit Sicherheitstechnik über Schnittstelle

2 Technische Anforderungen

Für jeden der drei Teilbereiche werden im Folgenden die Anforderungen beschrieben.

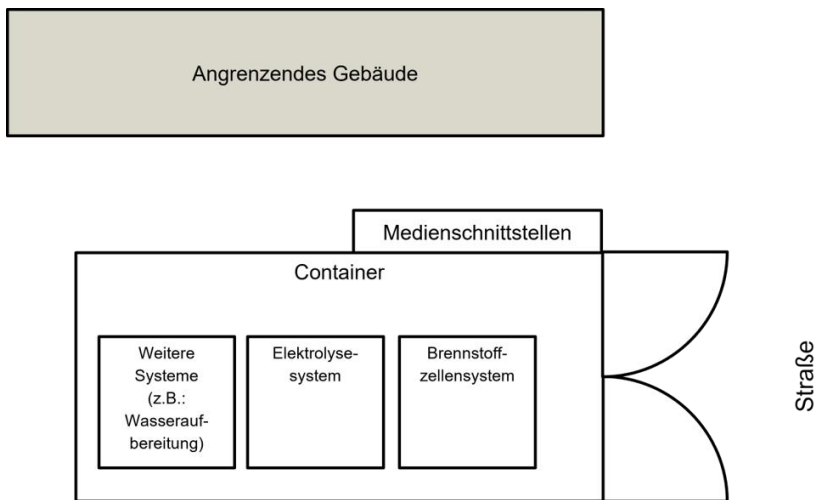


Abbildung 1: Prinzipskizze des Gesamtsystems

In Abbildung 1 ist eine Prinzipskizze des gewünschten Gesamtsystems dargestellt. Das Containersystem nimmt das Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem sowie alle weiteren Systeme, die zum Betrieb der Anlagen notwendig sind, auf. Die Positionierung der Systeme innerhalb des Containers ist frei wählbar. Die Medianschnittstelle für alle Medien sowie Ausblasevorrichtungen sind an der Seite zum angrenzenden Gebäude zu positionieren. Der Zugang erfolgt über die üblichen Doppeltüren auf der straßenzugewandten Seite. Die Medianschnittstellen müssen ohne Leiter zugänglich sein.

2.1 Anforderungen an das Containersystem

2.1.1 Funktionalität

Das Containersystem nimmt das Elektrolyse- sowie Brennstoffzellensystem auf und enthält eine eigenständige Sicherheitsüberwachung. Dazu werden alle weiteren Komponenten (z.B. Balance-of-Plant Komponenten des Brennstoffzellensystems, Deionisierungsanlage für Elektrolysesystem, etc.) und Verrohrungen darin untergebracht, die zur Versorgung und zum Betrieb der beiden Systeme notwendig sind. Der Container muss über eine Elektroinstallation mit Deckenbeleuchtung, sowie Lichtschalter mit Verteilerkasten und FI-Schutzschalter verfügen. Der Container muss die Farbe RAL 6005 besitzen sowie über eine Schalldämmung verfügen. Der Container muss so gestaltet sein, dass die Einbauanforderungen der genutzten Komponenten hinsichtlich Minimal- und Maximaltemperaturen, Relative Luftfeuchte und Taupunkt eingehalten werden.

2.1.2 Messtechnik

Der Container muss einen Innenraumtemperatursensor besitzen, der über die Schnittstelle Ethernet mit Modbus/TCP ausgelesen können werden muss.

2.1.3 Sicherheit / Überwachung

Das Containersystem muss über eine Gaswarnanlage verfügen, die bei Detektion einer Wasserstoffleckage das Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem abschaltet und die Wasserstoffzufuhr in den Container unterbricht. Zusätzlich ist ein von außen zugänglicher Not-Aus-Schalter vorzusehen, der ebenfalls Elektrolyse und Brennstoffzellensystem und die Wasserstoffzufuhr in den Container abschaltet. Noch in den Leitungen befindlicher Wasserstoff und Sauerstoff müssen über die Ausblasevorrichtungen abgeleitet werden.

2.1.4 Installationsort

Die Installation des Containers erfolgt auf dem Gelände des Lehrstuhls (siehe dafür auch Abbildung 2). Die zur Verfügung stehende Fläche hat Abmessungen von 4m auf 7m auf einer ebenen und asphaltierten Fläche.

Notwendige Punktfundamente werden durch den Lehrstuhl hergestellt und sind nicht Teil des Angebots. Zur korrekten Ausführung der Punktfundamente sind die entstehenden Lasten während der Planungsphase dem Lehrstuhl mitzuteilen. Um den Aufstellort stehen einige Bäume, sodass mit erhöhtem Biomassebefall zu rechnen ist. Diese ist in der Planung von Abluftöffnungen zu berücksichtigen.

2.1.5 Schnittstellen

Das Containersystem muss eine Medienschnittstelle, an der dem Eingang gegenüberliegenden kurzen Seite mit Durchführungen für alle notwendigen Medien besitzen (siehe Abbildung). Diese umfassen die:

1. Elektrische Schnittstelle: Eine oder mehrere 3-Phasen 400V AC-Leitungen mit Steckverbindung
2. H₂-Schnittstelle von Elektrolysesystem zum lehrstuhleigenen Speichersystem (min. 25 bar(g), max. Druck 40 bar(g))
3. H₂-Schnittstelle vom lehrstuhleigenen Speichersystem zum Brennstoffzellensystem. Der Versorgungsdruck kann variabel bereitgestellt werden, zwischen 5 und 50 bar. Die dafür notwendigen Druckminderer zwischen Speicher und Containerschnittstelle werden nach Rücksprache vom Lehrstuhl installiert.
4. Hauswasserschnittstelle
5. Abwasserschnittstelle
6. Ausblasevorrichtungen für Wasserstoff und Sauerstoff
7. Der Internetanschluss wird vom Lehrstuhl über eine Kabelverbindung mit RJ45-Anschluss gestellt.

8. Belüftung oder Temperierung des Containers, sodass die Anforderungen der verbauten Subkomponenten hinsichtlich Minimal- und Maximaltemperaturen, Relative Luftfeuchte und Taupunkt eingehalten werden

Die notwendigen Versorgungsleitungen zur Medienschnittstelle des Containers werden vom Lehrstuhl verlegt und sind nicht Teil des Angebots.

2.2 Anforderungen an das Elektrolysesystem

2.2.1 Funktionalität

Das Elektrolysesystem ist in der Polymerelektrolytmembran-Technologie (PEM) auszuführen. Das notwendige Speisewasser muss über eine Deionisierungsanlage aus Hauswasser erzeugt werden. Die Wasseraufbereitung ist als Bestandteil des Systems auszuführen und muss die für den PEM-Elektrolyseur erforderliche Wasserqualität sicherstellen. Der erzeugte Wasserstoff ist auf eine Reinheit von mindestens 5.0 aufzubereiten. Der bei der Elektrolyse entstehende Sauerstoff ist kontinuierlich abzuscheiden und über eine separate Ausblaseleitung sicher aus dem Container ins Freie abzuführen. Die interne elektrische Versorgung des Elektrolysesystems kann sowohl als AC- als auch als DC-Anschluss ausgeführt werden. Elektrolyseur und Brennstoffzelle müssen unabhängig voneinander betrieben werden können. Die Nennleistung muss mindestens 25 kW betragen und einen Regelbereich zwischen 20% und 100% der Nennleistung ermöglichen. Bei einem Angebot von mehr als 25kW Elektrolyseleistung darf die tägliche Produktionsmenge des Wasserstoffs 20kg/d nicht überschreiten. Der Wasserstoff muss zur möglichst gleichmäßigen Auslastung des lehrstuhleigenen Verdichters über einen 500l Pufferbehälter geführt werden. Der Ausgangsdruck des Wasserstoffs muss bei mindestens 25 bar(g) liegen. Er wird außerhalb des Containers dem lehrstuhleigenen Wasserstoffverdichter und anschließend dem Hochdruckspeicher zugeführt. Verdichter und Hochdruckspeicher sind nicht Teil des Angebots. Das Elektrolysesystem muss über eine Kühleinheit verfügen, sodass ein getrennter Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem ermöglicht wird.

2.2.2 Messtechnik

Das Elektrolysesystem muss für Forschungszwecke über eine Fernsteuerung auslesbar sein. Die über eine Schnittstelle Ethernet mit Modbus/TCP auszulesenden Größen umfassen:

- Elektrische Leistungsaufnahme des Gesamtsystems (Stack inklusive aller Sub- und Erweiterungssysteme wie der Wasseraufbereitungsanlage, Kühlsystem, etc.). Die Subsysteme müssen dabei einzeln auslesbar sein
- Elektrische Leistungsaufnahme Elektrolysestack sowie, wenn vom verbauten System erfasst, Stackspannung und -strom
- Erzeugter Wasserstoff (Druck und Volumenstrom)
- Kühl-/Speisewassertemperatur, -druck und volumenstrom
- Wasserverbrauch (mit zusätzlich optisch ablesbarer Anzeige, zum Beispiel über eine Wasseruhr)
- Aktueller Systemstatus (z. B. „inaktiv“, „Hochfahren“, „aktiv“, „Herunterfahren“, „Fehler“)

2.2.3 Software / Betrieb

Das Elektrolysesystem muss für Forschungszwecke über eine Fernsteuerung steuerbar sein. Die über eine Schnittstelle Ethernet mit Modbus/TCP zu steuernde Größe muss die elektrische Leistungsaufnahme des Elektrolysestacks in Prozent der installierten nutzbaren Leistung sein. Die Steuerung des Systems muss basierend auf dieser Anforderung den Betrieb der Subsysteme eigenständig anpassen. Zusätzlich muss das System einen automatischen Start, Stopp sowie Schutzfunktionen bei Wasser-, Druck- oder Temperaturstörungen ermöglichen.

2.2.4 Schnittstellen

Die elektrische Schnittstelle innerhalb des Containers kann sowohl eine AC- als auch DC-Schnittstelle sein. Bei der Nutzung eines gemeinsamen DC-Busses für Brennstoffzellen- und Elektrolysesystem muss ein getrennter Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem möglich sein.

An die verbliebenen Schnittstellen hinsichtlich der Medien Zu- und Abfuhr des Elektrolysesystems werden keine zusätzlichen Anforderungen gestellt, solange die in Abschnitt 2.1.5. genannten Schnittstellen des Containersystems erfüllt werden. Die Montage und Verrohrung innerhalb des Containers muss mit handels- und branchenüblichen Materialien und Systemen durchgeführt werden. Beispiele für wasserstofftaugliche Verrohrungslösungen sind die H2-lok Produktreihe des Herstellers Schwer Fittings GmbH. Proprietäre Systeme des Bieters werden nicht akzeptiert und führen zum Ausschluss des Angebots.

2.3 Anforderungen an das Brennstoffzellensystem

2.3.1 Funktionalität

Das Brennstoffzellensystem muss als Polymerelektrolytmembran-System (PEM) ausgeführt sein. Der Wasserstoff wird über die in 2.1.5. definierte Schnittstelle dem Containersystem zugeführt und wird aus dem lehrstuhleigenen Hochdruckspeicher gespeist. Der Hochdruckspeicher wird nur mit Wasserstoff aus obigem Elektrolysesystem versorgt. Das System muss über eine H₂-Rezirkulationseinheit verfügen. Die notwendige Luft muss aus der Umgebung angesaugt und auf die für den Betrieb des Brennstoffzellensystems notwendige Qualität aufbereitet werden. Das Brennstoffzellensystem muss über eine Kühleinheit verfügen, sodass ein getrennter Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem ermöglicht wird. Das Brennstoffzellensystem muss eine elektrische Nennleistung von mindestens 10 kW besitzen und einen Regelbereich zwischen 20% und 100% der Nennleistung ermöglichen.

2.3.2 Messtechnik

Das Brennstoffzellensystem muss für Forschungszwecke über eine Fernsteuerung auslesbar und sein. Die über eine Schnittstelle Ethernet mit Modbus/TCP auszulesenden Größen umfassen:

- Die elektrische Leistungsaufnahme des Gesamtsystems

- Die rückgespeiste elektrische Leistung sowie, wenn vom System erfasst, Stackspannung und -strom
- Verbrauchter Wasserstoff (Druck, Volumenstrom)
- Kühlwassertemperatur, -druck und -volumenstrom
- Aktueller Systemstatus (z. B. „inaktiv“, „Hochfahren“, „aktiv“, „Herunterfahren“, „Fehler“)

2.3.3 Software / Betrieb

Das Brennstoffzellensystem muss für Forschungszwecke per Fernzugriff steuerbar sein. Die über eine Schnittstelle Ethernet mit Modbus/TCP zu steuernde Größe muss die elektrische Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems in Prozent der installierten nutzbaren Leistung sein. Die Steuerung des Systems muss basierend auf dieser Anforderung den Betrieb der Subsysteme eigenständig anpassen. Zusätzlich muss das System einen automatischen Start, Stopp sowie Schutzfunktionen bei Wasser-, Druck- oder Temperaturstörungen ermöglichen.

2.3.4 Schnittstellen

Die elektrische Schnittstelle innerhalb des Containers kann sowohl eine AC- als auch DC-Schnittstelle sein. Bei der Nutzung eines gemeinsamen DC-Busses für Brennstoffzellen- und Elektrolysesystem muss ein getrennter Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystem möglich sein.

An die verbliebenen Schnittstellen hinsichtlich der Medien Zu- und Abfuhr des Brennstoffzellensystem werden keine zusätzlichen Anforderungen gestellt, solange die in Abschnitt 2.1.5. genannten Schnittstellen des Containersystems erfüllt werden. Die Montage und Verrohrung innerhalb des Containers muss mit handels- und branchenüblichen Materialien und Systemen durchgeführt werden. Beispiele für wasserstofftaugliche Verrohrungslösungen sind die H2-lok Produktreihe des Herstellers Schwer Fittings GmbH. Proprietäre Systeme des Bieters werden nicht akzeptiert und führen zum Ausschluss des Angebots.

3 Lieferung und Installation

Der Installationsort liegt auf der Nordseite des Prüfstandsgebäudes (what3words-Adresse: ///schere.weite.anzeigen) und bietet für einen Kran beengte Platzverhältnisse. Während der Angebotsabgabe kann ein Besichtigungstermin vereinbart werden. Die Medienschnittstelle ist auf der östlichen, dem angrenzenden Gebäude zugewandten Seite zu platzieren.

Transport und Lieferung müssen Teil des Angebots sein und während der Öffnungszeiten des Lehrstuhls erfolgen (Montag bis Freitag, 7:00-18:00). In Ausnahmefällen können auch davon abweichende Zeiten vereinbart werden, diese hängen von der Anwesenheit der Mitarbeiter ab, sodass kein Anspruch darauf besteht.

Das Gesamtsystem muss am Aufstellort durch den Bieter in Betrieb genommen werden inklusive einer detaillierten Dokumentation. Das Personal muss in den Aufbau und die Steuerung der Anlage eingewiesen werden.

Es dürfen keine jährlichen Gebühren für Lizenzen anfallen. Die Wartungskosten sowie Wartungsintervalle einzelner Subkomponenten sind auszuweisen.

6 Zahlung und Angebotsabgabe

Eine Untervergabe einzelner Bereiche an andere Subunternehmer ist ausdrücklich erwünscht.

Aufgrund der Integration der Ausschreibung in ein Forschungsprojekt ist der Mittelabflussplan sowie Maximalbetrag durch den Projektträger gegeben.

Der Brutto-Preis für Elektrolyse- und Containersystem und zugehörige Peripheriekomponenten darf 250.000€ nicht überschreiten.

Der Brutto-Preis für das Brennstoffzellensystem und zugehörige Peripheriekomponenten darf 75.000€ nicht überschreiten.

Anhand des durch den Fördergeber vorgegebenen Mittelabflussplans müssen die Zahlung wie folgt ablaufen:

Eine Anzahlung von 80.000€ nach Auftragsvergabe (2026) über eine selbstschuldnerische Bankbürgschaft, 200.000€ nach Lieferung der Anlage (2027) sowie 45.000€ nach erfolgter Inbetriebnahme (2028). Im Preis müssen alle Transport-, Liefer- und etwaige Zollgebühren enthalten sein.

Commented [GS1]: Ich war bei diesem Verfahren nicht vom Anfang an involviert und ich weiß leider nicht, ob Sie sich bereits mit Frau Seidl zu diesem Thema ausgetauscht haben. Hierbei handelt es nicht um eine vergaberechtliche Angelegenheit eher mehr um ein haushälterische Vorschrift der TUM und des Zuwendungsgebers. Für die TUM gilt: Eine (Abschlags)Zahlung erfolgt nach eine bereits erbrachte Leistung. Vorleistungen sind grundsätzlich ausgeschlossen, es sei denn, diese sind allgemein üblich oder durch besondere Umstände gerechtfertigt. Eine Vorleistung kann dann nur mit einer selbstschuldnerische Bankbürgschaft erfolgen. Ich gehe davon aus, dass beim Zuwendungsgeber auch ähnliche Vorschriften gelten. Haben Sie sich über diesen Finanz-Themen mit der ZA 3 ausgetauscht?

Commented [GS2]: Diese Formulierung ist problematisch, da es vom Auftraggeber eine Vorauszahlung fest vorgegeben wird. Eine Formulierung wie: „Eine Anzahlung könnte nur gegen Vorlage einer selbstschuldnerischen Bankbürgschaft in entsprechender Höhe gewährt werden“ ist besser.

Commented [GS3]: Selbstschuldnerische Bankbürgschaft