

1. Optimale Bedingungen für Solar-Wasserstofftechnologie

Aufgabenstellung

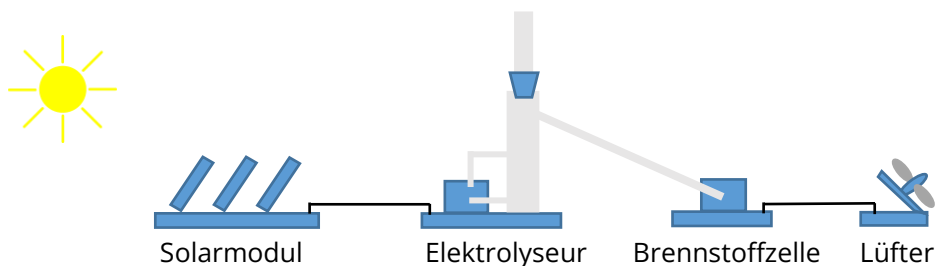
Optimieren Sie den Aufbau des Solar-Wasserstoff-Systems so, dass der Wirkungsgrad möglichst groß ist.

Erkunden Sie hierfür zunächst die Funktionsweise des technischen Systems zur Energieversorgung. Stellen Sie anschließend Prognosen auf, wie der Wirkungsgrad des Systems erhöht werden könnte und welche Parameter hierfür beeinflusst werden können. Überprüfen Sie Ihre Prognosen experimentell.

Versuchsdurchführung

Bauen Sie hierfür zunächst das komplette System auf, das aus Solarmodul, Elektrolyseur, Brennstoffzelle und Lüfter besteht (siehe Skizze). Die Tanks des Elektrolyseurs sind mit destilliertem Wasser zu befüllen. Als „Sonne“ nutzen Sie einen Halogenstrahler. Achten Sie darauf, dass alle Schlauchklemmen geöffnet sind. Überprüfen Sie nun die Funktionalität des Systems und erkunden Sie, welche Anpassungen des Aufbaus oder anderer Parameter zu einer Optimierung des Wirkungsgrades des gesamten Systems führen.

Versuchsskizze



Geräte/Chemikalien

Solarmodul
 Elektrolyseur mit Gasableitungsrohren
 Brennstoffzelle
 Lüfter
 Verbindungskabel
 Stativmaterial
 Halogenstrahler oder Sonne
 Schlauchstücke und Schlauchklemmen
 dest. Wasser

Prognosen: Untersuchung von Einflussgrößen auf den Wirkungsgrad des technischen Systems

Arbeitsschutz

Gefahrstoffe und deren Einstufung nach GHS, aus GESTIS abgerufen am 15.05.2020

Die folgenden Einstufungen zu Wasserstoff und Sauerstoff sind ohne die Angaben zur Bereitstellung der Gase aus Gasflaschen, da beide Gase im Versuch gebildet werden und nicht aus Gasflaschen entnommen werden.

Wasserstoff H₂



Signalwort: „Gefahr“

Entzündbare Gase, Kategorie 1; H220

H220: Extrem entzündbares Gas.

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P377: Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.

P381: Bei Undichtigkeit alle Zündquellen entfernen.

Sauerstoff O₂



Signalwort: „Gefahr“

Oxidierende Gase, Kategorie 1; H270

H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.

P220: Von brennbaren Materialien entfernt aufbewahren.

P370+P376: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.

Gefahren durch

KMR-Stoff 1A/1B	Nein
Einatmen:	Nein
Hautkontakt:	Nein
Augenkontakt	Ja (nicht zu lange in die Halogenlampe schauen)
Brandgefahr:	Ja (H ₂ ist brennbar)
Explosionsgefahr:	Ja (wenn H ₂ und O ₂ zusammenkommen und eine Zündquelle in der Nähe ist)
Sonstige Gefahren:	Nein

Schutzmaßnahmen

							Weitere Maßnahmen
RiSU (2019); Gefahrstoffliste	Schutzbrille	Schutzhand-schuhe	Abzug	geschlossen es System	Lüftungsmaßnahmen	Brand-schutzmaßnahmen	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ¹⁾	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ¹⁾

- 1) - Protonenaustauschmembran ggf. anfeuchten
 - H₂ und O₂ bilden zusammen explosives Gasgemisch, Gase vollständig verbrauchen bzw. restliche Gase nacheinander entweichen lassen, dabei lüften und darauf achten, dass keine Zündquelle in der Nähe ist

- nicht zu lange in den Halogenstrahler schauen

Substitutionsprüfung: Substitution eines Gefahrstoffes ist nicht erforderlich

Schülerversuch oder Lehrerdemonstration

Der Versuch kann sowohl als Lehrerdemonstrationsexperiment oder im Stationsbetrieb auch als Schülerversuch durchgeführt werden.

Entsorgung

Die Gase Wasserstoff und Sauerstoff werden in der Regel vollständig verbraucht. Müssen Sie doch entsorgt werden, werden sie nacheinander in die Atmosphäre geleitet (s. auch weitere Maßnahmen).

Das Wasser aus dem Elektrolyseur im Ausguss entsorgen. Apparatur vollständig trocknen lassen.

Beobachtung

Auswertung

Methodisch-didaktische Analyse der Experimente zur Untersuchung von „Optimale Bedingungen für Solar-Wasserstofftechnologie“

Kriterium	Bewertung/Anmerkung
beobachtbarer Effekt	
Erkenntnisgewinn/ Funktion des Experimentes	
erforderliches Sachwissen	
experimentelle Fähigkeiten (auch hinsichtlich Apparatur)	
Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung	
räumliche Gegebenheiten und Ausstattung	
zeitlicher Rahmen/Aufwand	
Schwierigkeitsbestimmende Merkmale der Aufgabenstellung (u.a. Anzahl der untersuchten Zusammenhänge, Offenheit der Lösungen, Art der Auswertung) und Möglichkeiten zur deren didaktischer Beeinflussung	

2. Einflussgrößen auf Filtrationsprozesse

Aufgabe

Analysieren Sie den Einfluss der folgenden Parameter auf die Filtriergeschwindigkeit und das Ergebnis des Filtrationsprozesses:

- a) Beschaffenheit der Filterfläche,
- b) strukturelle Beschaffenheit der Suspension,
- c) Druckdifferenz.

Diskutieren Sie, wie die Parameter des Filtrationsprozesses für beide Modelllösungen eingestellt werden sollten, um die Feststoffbestandteile der Suspensionen möglichst schnell und vollständig von der Flüssigkeit abzutrennen.

Versuchsanleitung

Für die Versuchsdurchführung der erforderlichen Saugfiltrationen wird der skizzierte Versuchsaufbau verwendet (außer im Teilversuch c; in diesem Versuch wird nur eine Saugflasche an die Wasserstrahlpumpe angeschlossen). Vor der Versuchsdurchführung müssen folgende Suspensionen hergestellt werden¹:

Herstellung der Precosit-Suspension:

200g Gips werden in 1,15 l dest. H₂O suspendiert. Diese Suspension wird unter ständigem Rühren auf 60°C erwärmt und 1 h lang unter Rühren bei dieser Temperatur gehalten. Danach wird unter Rühren langsam auf 30°C abgekühlt.

Herstellung der Kartoffelstärkesuspension:

52 g Kartoffelstärke in 300 ml dest. H₂O lösen.

Die „Precosit“- bzw. Kartoffelstärke-Suspension muss immer in beide Nutschen gleichzeitig gegeben werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Suspensionen in beiden Nutschen gleich hoch stehen. Durch den parallelen Verlauf beider Teilversuche unter gleichen Bedingungen (siehe Versuchsaufbau) kann auf exakte Zeitmessungen verzichtet werden.

Der Saugboden der Nutschen (Nennweite 125) ist jeweils mit Filterpapier auszulegen. Der Filtriervorgang wird so lange durchgeführt, bis ein eindeutiges Ergebnis zu erkennen ist.

Versuch a: Einfluss des Filterpapiers auf die Filtergeschwindigkeit

Eine Nutsche wird mit Filterpapier „Whatmann 4“ und die andere mit Filterpapier „Schleicher & Schuell 602 H“ ausgelegt. Beide Nutschen werden nun zeitgleich mit der „Precosit“-Suspension gefüllt. Nach dem Anlegen des Unterdruckes ist die Filtriergeschwindigkeit zu beobachten. Wählen Sie anschließend eine Filterpapiersorte für die folgenden Versuche aus.

Versuch b: Einfluss der strukturellen Beschaffenheit der Suspension auf die Filtriergeschwindigkeit

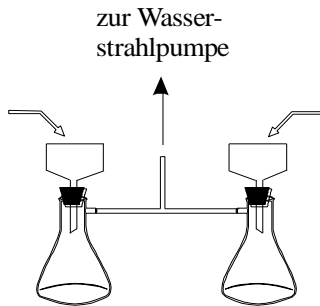
Für diesen Versuch werden zwei Nutschen (Nennweite 125) und die gleiche Filterpapiersorte verwendet. In die eine Nutsche wird die „Precosit“-Suspension gegeben und in die andere Nutsche wird zeitgleich die Kartoffelstärkesuspension gegeben. Dann wird der Unterdruck angelegt.

¹ Für das Praktikum werden die Suspensionen bereits vorbereitet bereitgestellt.

Versuch c: Einfluss der Druckdifferenz auf die Filtriergeschwindigkeit

Beide Saugflaschen werden mit Nutschen (Nennweite 125) und der gleichen Filterpapiersorte bestückt und gleichzeitig mit „Precosit“-Suspension gefüllt. An einer Saugflasche wird ein Unterdruck angelegt. Mit der zweiten Saugflasche wird eine Normaldruckfiltration durchgeführt.

Versuchsskizze:



Geräte/Chemikalien

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| Nutschen (Nennweite 125) | Gips |
| Saugflaschen | Kartoffelstärke |
| durchbohrte Gummistopfen | dest. Wasser |
| Wasserstrahlpumpe | |
| Verbindungsrohr | |
| Gummischläuche | |
| Glasstab | |
| Filterpapier (hart + weich) | |

Arbeitsschutz

Tätigkeit mit Gefahrstoffen: **Nein**

Gips
(CaSO₄)

H-Sätze: keine

P-Sätze: keine







Kartoffelstärke

H-Sätze: keine

P-Sätze: keine

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Gefahren durch Einatmen: | Nein |
| Gefahren durch Hautkontakt: | Nein |
| Brandgefahr: | Nein |
| Explosionsgefahr: | Nein |
| Sonstige Gefahren: | Nein |
| Substitution möglich: | Nein (nicht erforderlich) |

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung:

DGUV Regel 113- 018	 Schutzbrille	 Schutzhand- schuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungs- maßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	Weitere Maßnahmen:
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X ¹⁾

X¹⁾ Nutschen einspannen, um vor dem Umfallen zu sichern, Inbetriebnahme der Wasserstrahlpumpe erst nach Befüllung der Nutschen

Schülerversuch oder Lehrerdemonstration

Der Versuch kann sowohl als Lehrerdemonstrationsexperiment als auch als Schülerversuch durchgeführt werden.

Entsorgung

Stärkelösung kann entsorgt werden. Die „Precosit“-Rückstände werden wieder in den dafür vorgesehenen Behälter überführt, ebenso wie Filtrat und Filterkuchen. Der Filterkuchen muss zuvor wieder vom Filterpapier abgelöst und aufgeschlämmt werden.

Beobachtung

Auswertung

Methodisch-didaktische Analyse der Experimente zur Untersuchung von „Einflussgrößen auf Filtrationsprozesse“

Kriterium	Bewertung/Anmerkung
beobachtbarer Effekt	
Erkenntnisgewinn/ Funktion des Experimentes	
erforderliches Sachwissen	
experimentelle Fähigkeiten (auch hinsichtlich Apparatur)	
Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung	
räumliche Gegebenheiten und Ausstattung	
zeitlicher Rahmen/Aufwand	
Schwierigkeitsbestimmende Merkmale der Aufgabenstellung (u.a. Anzahl der untersuchten Zusammenhänge, Offenheit der Lösungen, Art der Auswertung) und Möglichkeiten zur deren didaktischer Beeinflussung	

3. Einflussgrößen auf den Druckverlust in Rohrleitungssystemen

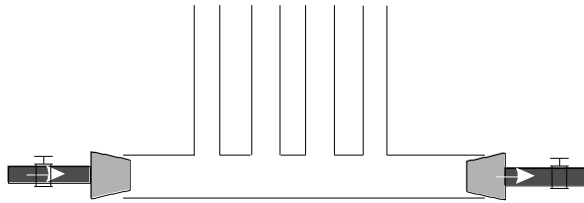
Aufgabe

In einem alten Praktikumsskript haben Sie die folgenden Versuche zur Untersuchung der Einflussgrößen auf den Druckverlust gefunden. Prüfen Sie, inwieweit diese Versuche für den Unterricht geeignet sind und entwickeln Sie mögliche Aufgabenstellung(en) für den Unterricht:

a) Nachweis der Änderung des Druckes in einem durchströmten Rohr von gleichmäßigem Querschnitt

Abgebildetes Röhrensystem mit vier Manometerröhren mit Wasser füllen. Öffnen des Abflusshahnes und des Zuflusshahnes so, dass die Füllstände im Röhrensystem nicht mehr schwanken. Vergleichen Sie den statischen Druck im Röhrensystem.

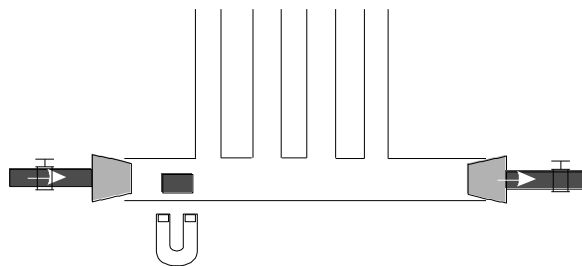
Skizze:



b) Nachweis des Druckgefälles in einem Rohr mit einer Verengung (bzw. an Einbauten)

Röhrensystem mit vier Manometerröhren an die Wasserleitung anschließen (wie oben). Zur Verengung des Querschnittes wird vor dem Einfüllen des Wassers ein Metallbolzen in das Glasrohr eingeführt. Mit dem Magneten zieht man den Metallbolzen der Reihe nach unter die Öffnungen der Röhren. Beobachten Sie die Druckänderung.

Skizze:



Geräte/Chemikalien

Rohrleitungssystem mit vier Manometerröhren

Gummischläuche

Schlauchklemmen

Magnet

Metallbolzen

Lineal

Arbeitsschutz

Tätigkeit mit Gefahrstoffen: **Nein**

Wasser

H-Sätze: keine

P-Sätze: keine

Gefahren durch Einatmen: Nein

Gefahren durch Hautkontakt: Nein







Brandgefahr: Nein

Explosionsgefahr: Nein

Sonstige Gefahren: Nein

Substitution möglich: Nein (nicht erforderlich)

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung:

DGUV Regel 113- 018	 Schutzbrille	 Schutzhand- schuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungs- maßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	Weitere Maßnahmen:
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X ¹⁾

X¹⁾ Das Röhrensystem mit Stativmaterial einspannen, um es vor dem Umfallen zu sichern; Inbetriebnahme der Apparatur mit allmählich zunehmendem Wasserdruck und nur, wenn der Ablauf des Rohrleitungssystems in den Ausguss führt.
Bei Versuch b) ist darauf zu achten, dass der Bolzen nicht in den Abguss gespült wird.

Schülerversuch oder Lehrerdemonstration

Der Versuch kann sowohl als Lehrerdemonstrationsexperiment als auch als Schülerversuch durchgeführt werden.

Entsorgung

Das verwendete Wasser kann über den Ausguss entsorgt werden

Beobachtung

Auswertung

Methodisch-didaktische Analyse der Experimente zur Untersuchung von „Einflussgrößen auf den Druckverlust in Rohrleitungssystemen“

Kriterium	Bewertung/Anmerkung
beobachtbarer Effekt	
Erkenntnisgewinn/ Funktion des Experimentes	
erforderliches Sachwissen	
experimentelle Fähigkeiten (auch hinsichtlich Apparatur)	
Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung	
räumliche Gegebenheiten und Ausstattung	
zeitlicher Rahmen/Aufwand	
Schwierigkeitsbestimmende Merkmale der Aufgabenstellung (u.a. Anzahl der untersuchten Zusammenhänge, Offenheit der Lösungen, Art der Auswertung) und Möglichkeiten zur deren didaktischer Beeinflussung	

4. Einflussgrößen auf den Rührvorgang²

Durch Mischen werden zwei oder mehr verschiedene Stoffe so miteinander vermengt, dass ein Gemisch mit einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Stoffe entsteht. Das optimale Vermischen der Ausgangsstoffe verfahrenstechnischer Prozesse kann bspw. durch Rühren in Rührbehältern mit rotierenden Rührorganen realisiert werden.

Aufgabenstellung

Untersuchen und diskutieren Sie den Einfluss verschiedener Prozessparameter von Rührvorgängen auf die möglichst gleichmäßige Durchmischung zweier Lösungen!

Entwickeln Sie einen Plan für die Durchführung Ihrer Untersuchungen. Ihnen stehen für die praktische Arbeit folgende Materialien zur Verfügung:

Chemikalien und Geräte

- 200 ml 2%-ige Stärkelösung³
- 300 ml 5%-ige Stärkelösung
- 5%-ige Salzsäure
- Universalindikator
- Rührermotor (mit Drehzahleinstellung)
- Propellerrührer
- Ankerrührer
- Stativmaterial
- Bechergläser
- Stoppuhr

Vorbetrachtung:

Stellen Sie Hypothesen zum Einfluss verschiedener Prozessparameter beim Rührvorgang auf das Mischen von Lösungen auf!

Skizze und Durchführung

² in Anlehnung an die Beschreibung des Experimentes in Rümmler (1993)

³ Vorgehen zur Herstellung der Kartoffelstärkelösungen:

Für 2%-ige Kartoffelstärkelösung 4g Kartoffelstärke abwiegen, 200 ml Wasser aufkochen, Kartoffelstärke hinzugeben, aufschlänmen und noch einmal aufkochen. Anschließend abkühlen lassen.

Für 5%-ige Kartoffelstärkelösung 15g Kartoffelstärke abwiegen, 300 ml Wasser aufkochen, Kartoffelstärke hinzugeben, aufschlänmen und noch einmal aufkochen. Anschließend abkühlen lassen.

Arbeitsschutz

Gefahrstoffe (auch Reaktionsprodukte)

Universalindikator = UNISOL 113

nach GHS (aus SDB Macherey-Nagel, Druckdatum 20.05.2019, abgerufen am 15.11.2021)

entzündbare Flüssigkeit, Kategorie 2, H225



Signalwort: Gefahr

H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar

P210 Vor Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P233 Behälter dicht verschlossen halten.

Salzsäure 5%ig

nach GHS (aus DEGINTU-Stoffliste, abgerufen am 13.09.2023)

Korrosiv gegenüber Metallen, Kategorie 1, H290



Signalwort: Achtung

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

Gefahren

Gefahr durch KMR-Stoff 1A/1B	nein
Gefahr durch Einatmen	nein
Gefahr durch Hautkontakt	nein
Gefahr durch Augenkontakt	ja
Brandgefahr	ja (nur beim Umgang mit Indikator)
Explosionsgefahr	nein
sonstige Gefahren	Verbrennungsgefahr an heißer Heizplatte oder heißem Dreifuß, Drahtnetz oder Becherglas beim Herstellen der Stärkelösungen

Schutzmaßnahmen

RiSU (2019); Gefahrstoffliste			 Abzug	 Geschlossenes System		 Lüftungsmaßnahmen	weitere Maßnahmen x ¹⁾
x	x						

x¹⁾ heiße Teile nicht berühren, Tuchmanschette für Becherglas verwenden

Tätigkeitsbeschränkung und Substitutionsprüfung

Es bestehen lt. Stoffliste der DGUV keine Tätigkeitsbeschränkungen, somit ist keine Substitution eines Gefahrstoffes notwendig.

Schülerversuch oder Lehrerdemonstration

Die Versuche können sehr gut von SuS bzw. Azubis selbst durchgeführt werden. Voraussetzung ist das Vorhandensein mehrerer Rührer und Rührwerke.

Entsorgung

Die Lösungen können verdünnt in den Abguss gegeben werden.

Beobachtung

Auswertung

Methodisch-didaktische Analyse der Experimente zur Untersuchung von „Einflussgrößen auf den Rührvorgang“

Kriterium	Bewertung/Anmerkung
beobachtbarer Effekt	
Erkenntnisgewinn/ Funktion des Experimentes	
erforderliches Sachwissen	
experimentelle Fähigkeiten (auch hinsichtlich Apparatur)	
Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung	
räumliche Gegebenheiten und Ausstattung	
zeitlicher Rahmen/Aufwand	
Schwierigkeitsbestimmende Merkmale der Aufgabenstellung (u.a. Anzahl der untersuchten Zusammenhänge, Offenheit der Lösungen, Art der Auswertung) und Möglichkeiten zur deren didaktischer Beeinflussung	