

## 100 Fragen zur Wasserstofftechnologie

1. Wer hat wann den ersten Nachweis der Existenz von Wasserstoff geführt und wer hat wann die Bezeichnung Wasserbildner („hydrogen“) eingeführt?
2. Wer hat wann die erste Brennstoffzelle aufgebaut?
3. In welcher Form findet man den größten Anteil des Wasserstoffs auf der Erde?
4. Was sind die wesentlichen physikalischen Eigenschaften des molekularen Wasserstoffgases?
5. Was unterscheidet ortho- und para-Wasserstoff?
6. Was treffe ich nahe am absoluten Temperatur-Nullpunkt vorrangig an: ortho- oder para-Wasserstoff
7. Wie groß ist der Anteil von ortho-Wasserstoff bei Normbedingungen?
8. Wie groß ist die Schmelz- und Siedetemperatur von Wasserstoff bei Normdruck?
9. Was kennzeichnet den kritischen Punkt eines Stoffes?
10. Welche kritische Temperatur und welchen kritischen Druck hat Wasserstoff?
11. Was ist metallischer Wasserstoff?
12. Wie viel mal leichter als Luft ist Wasserstoff unter Normbedingungen?
13. Ist Wasserstoff das leichteste Gas?
14. Wie viel Raum in Liter nimmt in etwa 1 g Wasserstoff bei Normbedingungen ein?
15. Welche Situationen sind denkbar, bei denen man trotzdem Wasserstoff nahe am Boden findet?
16. Wie viel mal höher ist die Diffusivität von Wasserstoff in Luft verglichen zu Luft in Luft?
17. Was ist die gemeinsame Ursache für die hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe Diffusivität, geringe Dichte und Viskosität von Wasserstoff?
18. Was ist der Joule-Thomson-Effekt?
19. Was kennzeichnet die Inversionstemperatur bezüglich des Joule-Thomson-Effekts?
20. Mit welchen Elementen bildet Wasserstoff stark polare, salzartige Bindungen?

21. Wie lautet die grundlegende chemische Reaktion, die den Wasserstoff als Brenngas charakterisiert?
22. Wie groß sind die untere und obere Reaktionswärme der „Knallgas-Reaktion“?
23. Worin liegt der Unterschied zwischen der unteren und oberen Reaktionswärme?
24. Was kennzeichnet die freie Reaktionsenthalpie?
25. Wie ist der Zusammenhang zwischen der Reaktionswärme und der freien Reaktionsenthalpie?
26. Ist Wasserstoff eine Energiequelle?
27. Wie würden Sie eine Wasserstoffwirtschaft definieren?
28. Was sind die wesentlichen Infrastruktur-Elemente einer Wasserstoffwirtschaft?
29. Inwieweit fördert der Wasserstoff die Nutzung regenerativer Energiequellen?
30. Was sind die Vorteile einer Dezentralisierung?
31. Wie viel Wasserstoff wird jährlich weltweit produziert?
32. Wie viel des weltweit produzierten Wasserstoffs kommt in den „freien“ Handel?
33. Was sind die zwei wesentlichen Ausgangsmaterialien, aus denen unter Energieeinsatz Wasserstoff erzeugt wird und wie lauten die entsprechenden Produktionsverfahren?
34. Wie lautet die allgemeine Formel für die Dampfreformierung und wie die spezielle für die Methan-Dampfreformierung?
35. Wie sieht ein einfaches Blockschaltbild für eine Dampfreformierung aus?
36. Was fördert eine hohe Konversionsrate bei der Dampfreformierung?
37. Wie lässt sich der Wirkungsgrad eines Reformers definieren?
38. Wie lautet die allgemeine Formel für die Partielle Oxidation und wie lautet die spezielle Formel für Partielle Oxidation von Heizöl?
39. Was sind die charakteristischen Unterschiede der Dampfreformierung und der Partiellen Oxidation?
40. Wie ist die Autotherme Reformation definiert?
41. Was sind die Teilschritte eines Druckwechsel-Absorptionsverfahrens?
42. Wodurch unterscheiden sich Elektrolyseure?

43. Wie kann man die minimale benötigte (reversible) Spannung zur Elektrolyse von Wasserstoff berechnen und wie groß ist sie bei Normbedingungen?
44. Auf welche zwei Weisen kann man den Wirkungsgrad eines Elektrolyseurs bestimmen?
45. Wie groß sind typische Wirkungsgrade großer industrie-relevanter Elektrolyseure?
46. Wieviel kWh benötigt ein industrie-relevanter Elektrolyseur für 1 Nm<sup>3</sup> Wasserstoff typischerweise?
47. Welche zwei chemisch katalysierte Hochtemperatur-Prozesse gelten als vielversprechende Verfahren zur Nutzung von nuklearer oder konzentrierter solarer Wärme?
48. Welche drei Teilreaktionen finden beim Jod-Schwefelprozess bei welchen Temperaturen statt?
49. Welche Reaktion haben der Jod-Schwefel- und der Hybridprozess gemeinsam?
50. Was sind die charakteristischen Unterschiede des Jod-Schwefel- und des Hybridprozesses?
51. Welche Verfahren zur Umformung von Biomasse in Brenngase kennen Sie? (mindestens 3 Nennungen)
52. Welche nicht konventionelle „zukünftige“ Verfahren zur Produktion von Wasserstoff kennen Sie? (mindestens 2 Nennungen)
53. Wie lässt sich der minimale Preis für Wasserstoff im Prinzip herleiten?
54. Welches ist das gegenwärtig günstigste Herstellverfahren für Wasserstoff?
55. Wie verhält sich die gravimetrische und volumetrische Energie-Speicherdichte von Wasserstoff im Vergleich mit anderen Energieträgern?
56. Welche drei Prinzipien zur Speicherung von Wasserstoff werden eingesetzt?
57. Wie wirkt sich das Realgasverhalten bei der Druckspeicherung aus?
58. Wie nähert man sich dem idealen Verdichtungsprozess in der Realität an?
59. Wie verhält sich die volumetrische Speicherdichte von Flüssigwasserstoff und Druckwasserstoff bei 70 MPa?
60. Welche Typklassen gibt es für Druckspeicher und wodurch sind diese charakterisiert?
61. Wie verflüssigt man Wasserstoff insbesondere in Kleinanlagen?
62. Welchen Effekte kann man bedingt zur Wasserstoff-Verflüssigung nutzen? (mindestens 2 Nennungen)
63. Welchen Effekt muss man bei der Herstellung von Flüssigwasserstoff berücksichtigen?

64. Wie kann man den Boil-off-Wasserstoff aus dem Kryogefäß handhaben?
65. Welche Speichermechanismen unterscheidet man bei der Speicherung von Wasserstoff an/in Festkörpern?
66. Was sind die drei Teilschritte bei der Chemisorption?
67. Wie groß ist in etwa die gravimetrische Speicherdichte, die von der Automobil-Industrie verlangt wird?
68. Welche drei Eigenschaften eines Speichers gilt es in Kombination zu optimieren?
69. Welche Transportart ist wirtschaftlich besonders fragwürdig?
70. Bei welchen typischen Drücken werden Wasserstoffpipelines betrieben?
71. Kann das existierende Gaspipeline-Netzwerk uneingeschränkt für Wasserstoff genutzt werden?
72. Welche Probleme können bei Verwenden existenter Gasleitungen zum Wasserstofftransport entstehen?
73. Welche Möglichkeiten zur Kategorisierung von Brennstoffzellen gibt es?
74. Wie funktioniert eine Brennstoffzelle? (am Beispiel PEFC)
75. Wie lauten die Anoden-, Kathoden- und Gesamtreaktion einer PEMFC?
76. Welcher Brennstoffzellentyp ist besonders für portable Anwendungen geeignet?
77. Welche Brennstoffzelle kann mit welchem Brennstoff betrieben werden?
78. Wie berechnet man die themoneutrale (enthalpische) und die reversible Zellspannung?
79. Welche zusätzlichen Spannungsverluste bewirken eine noch geringere messbare Spannung im Vergleich zur reversiblen Spannung?
80. Wie lässt sich der Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle definieren?
81. Wie ist ein Brennstoffzellen-Stack aufgebaut?
82. Welchen Zusammenhang kann man in der Betriebstemperatur und dem Anspruch an Brenngasreinheit erkennen?
83. Kann eine Alkali-Brennstoffzelle mit Luft betrieben werden?
84. Welche Funktionen erfüllt die Membran einer PEMFC?
85. Welche Vor- und Nachteile hat eine DMFC gegenüber einer PEFC bezüglich des Einsatzes in einem Fahrzeug?

86. Wodurch zeichnet sich Wasserstoff als Treibstoff für Verbrennungsmotoren und Gasturbinen aus?
87. Woraus setzt sich das Abgas einer Verbrennungsmaschine zusammen, die mit Wasserstoff betrieben wird? (Vergleich mit konventionell betriebenen Verbrennungsmaschinen)
88. Wie lässt sich ein Wirkungsgrad einer Verbrennungsmaschine auf der Basis des Verdichtungsverhältnisses definieren?
89. Was muss an einer Gasturbine geändert werden um sie mit Wasserstoff zu betreiben?
90. Welches sind die sicherheitsrelevanten Eigenschaften von Wasserstoff? (Im Vergleich zu konventionellen gasförmigen Energieträgern)
91. Welche Eigenschaften von Wasserstoff machen diesen Energieträger potenziell sicherer als andere gasförmige Energieträger und welche machen ihn potenziell gefährlicher?
92. Wie sieht der Prozess zur Auslegung einer sicheren Anlage, eines sicheren Systems im Prinzip aus?
93. Welche Möglichkeiten zur Vermeidung und Folgenverminderung gibt es insbesondere für Wasserstoffbasierte bzw. -betriebene Systeme?
94. Wie sieht eine typische Sequenz eines Unfalls mit Wasserstoff aus?
95. Was ist eine HAZOP und was ist eine FMEA?
96. Welche zwei transienten Phänomene führen zu besonders heftigen Verbrennungen?
97. Wie lauten die beiden Kriterien für die transienten Phänomene?
98. Was unterscheidet eine Deflagration von einer Detonation? (Mindestens 2 Nennungen)
99. Welche maximalen relativen Druckanstieg erreicht man mit einer laminaren Verbrennung, langsamen Deflagration, turbulenten Deflagration und einer Detonation?
100. Welcher quasistatische Druckanstieg setzt das menschliche Gehör temporär ausser Funktion und welcher quasistatische Druckanstieg zerstört normales Fensterglas?