

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Elektrolytisches Reaktionssystem (1) zur Erzeugung von gasförmigem Wasserstoff und Sauerstoff, umfassend
- 5 - eine Reaktionskammer (2, 69) zur Aufnahme eines Elektrolyten,
- eine Elektrodenanordnung (3) in der Reaktionskammer (2, 69), welche Elektrodenanordnung (3) aus einer Mehrzahl von anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) gebildet ist,
- wobei die Elektrodenanordnung (3) durch zumindest zwei, bevorzugt mehr als zumindest drei, coaxial oder annähernd coaxial angeordnete, rohrförmige Elektroden (5, 6) gebildet ist,
10 und wobei die zylindrischen Mantelflächen oder die aus mehreren, winkelig zueinander ausgerichteten Flächen zusammengesetzten Mantelflächen der einander benachbart angeordneten, rohrförmigen Elektroden (5, 6) zueinander beabstandet angeordnet sind und zwischen Mantelflächen zueinander beabstandeter Elektroden (5, 6) wenigstens einen Strömungskanal (71) für den Elektrolyten ausgebildet ist, der sich zwischen einem ersten axialen Ende (78) für
15 den Eintritt des Elektrolyten in die Elektrodenanordnung (3) und einem zweiten axialen Ende (79) für den Austritt des Elektrolyten aus der Elektrodenanordnung (3) erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Strömungskanal (71) wenigstens einen ersten Strömungsquerschnitt (80) und wenigstens einen zweiten Strömungsquerschnitt (81) aufweist, wobei der zweite Strömungsquerschnitt (81) kleiner bemessen ist als der erste Strömungsquerschnitt (80), und dass
20 der vergleichsweise kleinere zweite Strömungsquerschnitt (81) in einem zum zweiten axialen Ende (79) der Elektrodenanordnung (3) nächstliegenden Teilabschnitt des wenigstens einen Strömungskanals (71) ausgebildet ist.
- 25 2. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der sich verjüngende Strömungsquerschnitt (81) durch eine vom ersten axialen Ende (78) in Richtung zum zweiten axialen Ende (79) stetig oder sprungartig zunehmende Wandstärke (59, 60) von wenigstens einer der Elektroden (5, 6) gebildet ist.
- 30 3. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine radial innere und/oder eine radial äußere Mantelfläche (75, 76) von zumindest einer Elektrode (5, 6), welche zwischen einer radial innersten und einer radial äußersten

- 59 -

Elektrode (5, 6) der Elektrodenanordnung (3) angeordnet ist, gegenüber einer Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) der Elektrodenanordnung (3) winkelig ausgebildet ist/sind.

4. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innerste, rohrförmige Elektrode (5, 6) der Elektrodenanordnung (3) über ihre gesamte vertikale Länge (74) eine gleichbleibende Wandstärke (59) und einen gleichbleibenden Außendurchmesser aufweist.
5. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine radial innere und/oder eine radial äußere Mantelfläche (75, 76) von wenigstens einer der Elektroden (5, 6) in Form einer Mantelfläche eines Kegelstumpfes ausgebildet ist.
6. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine sich verjüngende Strömungskanal (71) durch winkelig zueinander verlaufende Längsachsen von zumindest zwei unmittelbar benachbarten Elektroden (5, 6) gebildet ist.
7. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in axialer Richtung einer virtuellen Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) der Elektrodenanordnung (3) oberhalb und/oder unterhalb der Elektrodenanordnung (3) wenigstens eine elektromagnetische Spule (13) angeordnet ist, deren elektromagnetisches Feld bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie auf den Elektrolyten und auf die Elektrodenanordnung (3) einwirkt.
8. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionskammer (2) eine im Wesentlichen hohlzylindrische oder hohlprismatische Körperform aufweist und ihre virtuelle Zentralachse, insbesondere eine Mantelfläche der Reaktionskammer (2), vertikal oder annähernd vertikal ausgerichtet ist.
9. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Reaktionskammer (2) ein im Wesentlichen hohlzylindrischer oder hohlprismatischer Aufnahmebehälter (4), insbesondere ein Elektrolytbehälter (30)

- 60 -

ausgebildet ist, in welchem die wenigstens eine rohrförmige Elektrodenanordnung (3) angeordnet ist.

10. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
5 dass der Elektrolytbehälter (30) oder der Aufnahmebehälter (4) für den Elektrolyten und für die wenigstens eine Elektrodenanordnung (3) im oberen Endabschnitt offen ausgeführt ist und dessen Mantel- oder Zylinderfläche von den inneren Wandflächen der Reaktionskammer (2) beabstandet angeordnet ist.

10 11. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine virtuelle Rohrachse (56) der rohrartigen Elektrodenanordnung (3) im Wesentlichen auf der virtuellen Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) oder deckungsgleich zur virtuellen Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) des Aufnahmebehälters (4) bzw. der Reaktionskammer (2) liegt.

15 12. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Elektrodenanordnung (3) vollständig in den Elektrolyten eingetaucht ist und die wenigstens eine elektromagnetische Spule (13, 70) gleichfalls unterhalb eines regulären oder minimalen Flüssigkeitsstandes (14) für den Elektrolyten liegt
20 oder zumindest überwiegend in den Elektrolyten eingetaucht ist.

13. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das elektromagnetische Feld der wenigstens einen elektromagnetischen Spule (13, 70) die anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) derart in mechanische
25 Schwingungen versetzt, dass eine Ablösung von an den anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) entstehenden oder anhaftenden Gasblasen unterstützt ist.

14. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine elektromagnetische Spule (13) in Draufsicht im Wesentlichen ringförmig ausgebildet ist und ihr Zentrums- bzw. Mittelpunkt (15) auf oder nahe
30 der virtuellen Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) der Elektrodenanordnung (3) liegt.

- 61 -

15. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Spule (13) torusförmig ausgebildet ist und wenigstens eine Spulenwicklung (18), bevorzugt zumindest zwei, insbesondere vier um den Kreisumfang eines Wicklungskörpers (17) verteilt angeordnete, jeweils zueinander beabstandet gewickelte Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') aufweist.
16. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass drei jeweils um 45° zur Spulenachse versetzt angeordnete, übereinander gewickelte Spulenwicklungen (18, 18', 18''') ausgebildet sind.
17. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste elektrische Energiequelle (21) zur pulsierenden Energieversorgung der anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) ausgebildet ist.
18. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere elektrische Energiequelle (22) zur pulsierenden Energieversorgung der wenigstens einen elektromagnetischen Spule (13, 70) ausgebildet ist.
19. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Energiefrequenz einer ersten Energiequelle (21) zur Energieversorgung der anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) und eine Energiefrequenz einer zweiten Energiequelle (22) zur Energieversorgung der wenigstens einen elektromagnetischen Spule (13, 70) derart gewählt sind, dass das elektrolytische System zumindest zeitweise nahe dessen oder bei dessen Resonanzfrequenz arbeitet.
20. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im unteren Abschnitt der Reaktionskammer (2, 69) oder eines den Elektrolyten aufnehmenden Aufnahmebehälters (4) zumindest eine Zulauföffnung (23) zur Zuführung und/oder Nachfüllung des Elektrolyten angeordnet ist.
21. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Reaktionskammer (2, 69) oder in einem den Elektrolyten

- 62 -

aufnehmenden Aufnahmebehälter (4) zumindest ein Mittel (24) zur Verwirbelung des Elektrolyten, insbesondere zum Aufbau einer Strömung, beispielsweise einer turbulenten oder wirbelartigen Strömung, im Elektrolyten ausgebildet ist.

5 22. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (24) zur Verwirbelung durch wenigstens eine Ansaug- und/oder Auslassdüse (25), bevorzugt durch eine Mehrzahl von in die Reaktionskammer (2, 69) oder in den Aufnahmebehälter (4) des Elektrolyten führende Ansaug- und/oder Auslassdüsen (25) für den Elektrolyten gebildet ist.

10

23. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Ansaug- und/oder Auslassdüse (25) im Nahbereich zur inneren Mantelfläche der Reaktionskammer (3) oder des Aufnahmebehälters (4) angeordnet und in einem Winkel zur inneren Mantelfläche ausgerichtet ist, sodass im Elektrolyten eine turbulent wirbelnde Strömung erzeugbar ist.

15

24. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Reaktionskammer (2, 69) zumindest eine Überlaufkante (27) zur Begrenzung oder Festlegung eines maximalen Flüssigkeitsstandes (28) des Elektrolyten ausgebildet ist.

20

25. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Überlaufkante (27) für den Elektrolyten durch eine obere Begrenzungskante (29) eines Aufnahmebehälters (4), insbesondere eines hohlzylindrischen Elektrolytbehälters (30) mit vertikal ausgerichteter Zylinderachse (31) gebildet ist.

25

26. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass im Bodenabschnitt der Reaktionskammer (2) wenigstens eine Auslassöffnung (36) zur Ableitung von über die Überlaufkante (27) geflossenem Elektrolyt oder Elektrolytschaum aus der Reaktionskammer (2) ausgebildet ist.

30

- 63 -

27. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch eine Rückführung (37) von über die Überlaufkante (27) geflossenem Elektrolyt in den Aufnahmebehälter (4), insbesondere in den hohlzylindrischen Elektrolytbehälter (30).

5 28. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch Ausbildung eines Sammelabschnittes (35) für über die Überlaufkante (27) geflossenen Elektrolyten innerhalb der Reaktionskammer (2) oder innerhalb einer in die Reaktionskammer (2) führenden Rückführung (37) für den Elektrolyten, zur Bildung eines Gasverschlusses, insbesondere einer siphonartigen Gassperre für den erzeugten Wasserstoff und Sauerstoff.

10

29. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Zufluss (45) und Abfluss (46) des Elektrolyten, insbesondere durch einen zeitbezogenen, allmählichen Austausch des Wasser umfassenden oder durch Wasser gebildeten Elektrolyten in der Reaktionskammer (2, 69) bzw. in einem den Elektrolyten aufnehmenden Aufnahmebehälter (4).

15

30. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens ein Mittel (50) zum Aufbau von Unterdruck in der Reaktionskammer (2) in Bezug auf den atmosphärischen Umgebungsdruck.

20

31. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Aufbau von Unterdruck in der Reaktionskammer (2) durch Aufbau einer strömungstechnischen Verbindung (52) zwischen der Reaktionskammer (2), insbesondere dessen Gasraum (26), mit einer Brennstoffzuführung (53), insbesondere dem Ansaugsystem, einer Verbrennungskraftmaschine (51), insbesondere eines Benzin-, Gas- oder Dieselmotors.

25

32. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die virtuellen Zentralachsen (8) der rohrförmigen Elektroden (5, 6) vertikal ausgerichtet sind.

30

33. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die distalen Endabschnitte der rohrförmigen Elektroden (5, 6) jeweils offen ausgeführt sind.

34. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Mantelflächen (75, 76) der rohrförmigen Elektroden (5, 6) wenigstens ein kegelstumpfförmiger Spalt (57, 58) ausgebildet ist, durch welchen ein Abperlen von Gasblasen, welche an den anodischen und kathodischen Elektroden (5, 6) entstehen oder haften, in einen oberhalb des Elektrolyten liegenden Gasraum (26) unterstützt ist.

35. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand (54, 55) oder ein Spaltmaß zwischen rohrförmigen oder hohlprismatischen, ineinander gestellten Elektroden (5, 6) ausgehend von einem äußeren Paar von Elektroden (5, 6) im Vergleich zu einer weiter innen, insbesondere näher bei einer zentralen Rohrachse (56) angeordneten Elektrode (5; 6) oder einem weiter innen angeordneten Paar von Elektroden (5, 6) dieser rohrartigen Elektrodenanordnung (3) zunimmt oder größer werdend dimensioniert ist.

36. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandstärke der rohrförmigen oder hohlprismatischen Elektroden (5, 6) zwischen 1 bis 3 mm beträgt, sodass das elektromagnetische Feld der wenigstens einen Spule (13) eine Anregung von mechanischen Schwingungen in den der rohrförmigen oder hohlprismatischen Elektroden (5, 6) bewirkt.

37. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der rohrförmigen oder hohlprismatischen Elektroden (5, 6) der Elektrodenanordnung (3) wenigstens einen Schlitz (61, 62) oder eine sonstige mechanische Schwächung bzw. Steifigkeitsreduzierung aufweist, um unter Einfluss des elektromagnetischen Feldes der wenigstens einen elektromagnetischen Spule (13, 70) in verstärkte mechanische Schwingungen versetzbar zu sein.

38. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine elektromagnetische Spule (13) im Wesentlichen torus- oder ringförmig ausgebildet ist und eine Mehrzahl von elektrisch in Serie geschalteten Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') umfasst, welche sich jeweils über einen Umfangswinkel

- 65 -

(63) zwischen 20° bis 50°, insbesondere zwischen 25° bis 45°, bevorzugt in etwa über 30° des Ringumfanges (64) der Spule (13) erstrecken.

39. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet,
5 dass in Serie geschaltete, in Umfangsrichtung der ringförmigen Spule (13) aufeinanderfolgende Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') zueinander einen Freiwinkel (65) zwischen 10° bis 30°, insbesondere zwischen 15° bis 25°, bevorzugt von in etwa 20° ausbilden.

40. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet,
10 zeichnet, dass eine Anzahl der aufeinanderfolgenden, in Serie geschalteten Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') derart gewählt ist, dass in etwa drei volle Ringumläufe über in etwa 1080° ausgebildet sind.

41. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch
15 gekennzeichnet, dass der Umfangswinkel (63) der Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') und der Freiwinkel (65) zwischen den Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') derart gewählt ist, dass nach mehr als einem vollen Ringumlauf zwischen übereinander gewickelten Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') ein Versatzwinkel (66) ausgebildet ist.

42. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 38 bis 41, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die einzelnen Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') einlagig gewickelt sind und nach einem vollen Ringumlauf ausgebildete Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') im wesentlichen luftspaltfrei über darunter bzw. innen liegende Teilwicklungen (19, 19', 19'', 19''') gewickelt sind.

43. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet, dass an einer äußeren Mantelfläche (72) der Reaktionskammer (2, 69) oder des Aufnahmebehälters (4), oder an einem dielektrischen Wicklungsträger um die Reaktionskammer (2, 69) oder den Aufnahmebehälter (4) eine ein- oder mehrlagige, hohlzylindrisch ausgebildete, elektromagnetische Spule (70) angebracht ist, deren elektromagnetisches Feld bei Beaufschlagung mit elektrischer Energie auf den Elektrolyten und auf die Elektrodenanordnung (3) einwirkt.
30

- 66 -

44. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass eine axiale Länge (73) der hohlzylindrischen, elektromagnetischen Spule (70) zumindest annähernd einer vertikalen Länge (74) der Elektrodenanordnung (3) entspricht.

5 45. Elektrolytisches Reaktionssystem nach einem der Ansprüche 24 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass in Bezug auf eine Strömungsrichtung des Elektrolyten nach der Überlaufkante (27) der Reaktionskammer (69) respektive des Aufnahmebehälters (4) eine Entgasungsvorrichtung (82) für den Elektrolyten ausgebildet ist.

10 46. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Entgasungsvorrichtung (82) durch zumindest ein sich in radialer Richtung zur Zylinder- bzw. Vertikalachse (8) sich erstreckendes Verteilungselement (83) für den Elektrolyten gebildet ist, welches Verteilungselement (83) zur Vergrößerung der Oberfläche des über die Überlaufkante (27) fließenden Elektrolyten oder zur Bildung eines Elektrolyt-Flüssigkeits-
15 films an dem Verteilungselement (83) vorgesehen ist.

47. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass das Verteilungselement (83) ringförmig um den die Reaktionskammer (69) respektive den Aufnahmebehälter (4) angeordnet ist und ausgehend von seinem radial inneren Abschnitt
20 in Richtung zu seinem radial äußeren Abschnitt nach unten geneigt ausgerichtet ist.

48. Elektrolytisches Reaktionssystem nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, dass das Verteilungselement (83) eine treppen- oder wellenförmig verlaufende Oberfläche zur Verteilung und Ableitung des Elektrolyten aufweist.
25

30