HANS-SAUER-INSTITUT
für evolutionsorientiertes Erfinden und Innovieren

U R K U N D E

Herr

Dr. rer. nat. Wolf Johnssen

hat mit der von ihm in den
PATENTSCHRIFTEN NR.
EP 0 564 796 A1, DE 43 28 379 A1,
DE 44 30 750 C2 und EP 95 101 521.3
(Patentinhaberin: Frau Hannelore Gallin-Ast)
offenbarten Erfindung

Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff und elektrischer Energie aus Biorohstoffen

eine Innovation geschaffen,
die von den Sachverständigen
Prof. Dr. rer. nat. Dietrich Wabner und
Prof. Dr.-Ing. Joseph Eichmeier
im Mittel mit 3.60 Punkten *) bewertet wurde.

Die Erfindung erhält damit die Bewertung

hervorragend

Deisenhofen, den 19. Juni 1997

Prof. Dr.
Erich Häußer
Präsident a. D. des
Deutschen Patentamts

Senator Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. E. h.
Artur Fischer
Erfinder und Unternehmer

Prof. Dr.-Ing.
Joseph Eichmeier
Vorstand

*) Bewertungsstufen:	Punkte:	Mindestanforderung:
hervorragend:	3.01 - 4.00	Evolutionsorientierte Pioniererfindung
sehr gut:	2.01 - 3.00	Hohe evolutionsorientierte Wirkung bei relativ geringem Aufwand
gut:	1.01 - 2.00	Erschließung neuer menschen- und umweltgerechter Anwendungsgebiete
beachtenswert:	0.01 - 1.00	Wirtschaftlich und/oder ökologisch relevante Verbesserungen

Prof. Dr.-Ing. Joseph Eichmeier

Thomastr. 4 c
85375 Neufahrn
Tel. (08165) 42 91

Frau
Hannelore Gallin-Ast
Grottenweg 4
85253 Großberghofen

München, 11.6.1997

Sehr geehrte Frau Gallin-Ast,

als Anlage überreiche ich Ihnen mein Gutachten, das ich Ihnen bereits vorher als Fax geschickt habe.

Die Bewertung Ihrer Patente durch das Hans-Sauer-Institut ist inzwischen abgeschlossen worden. Das Gesamtergebnis der beiden unabhängigen Gutachter lautet 3,60 (= hervorragend). Vom Hans-Sauer-Institut erhalten Sie darüber eine Urkunde, die von Erich Häußer, Artur Fischer und mir unterschrieben wird.

Mit freundlichen Grüßen

J. Eichmeier

Joseph Eichmeier

Anlage: Gutachten

PROF. DR.-ING. JOSEPH EICHMEIER
EXTRAORDINARIUS AM
LEHRSTUHL FÜR TECHNISCHE ELEKTRONIK

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Gebäude N3
Zi. 5301 (Nordgelände der TUM,
Zufahrt: Theresienstraße 90)
Postanschrift:
80290 München (Briefsendungen)
80333 München (Paketsendungen)
Telefon: (089) 2892 2937
Fax: (089) 2892 2938

G U T A C H T E N

über das Vorhaben

"Errichtung einer Anlage zur Erzeugung von Wasserstoff und Elektroenergie aus pflanzlicher Biomasse"

der Firma EF ELECTRO-FARMING Energie- und Umwelttechnik GmbH in München

Die Inhaberin der Firma Electro-Farming GmbH, Frau Hannelore Gallin-Ast, hält die Patentrechte über eine Anlage zur Erzeugung von Wasserstoff und elektrischer Energie aus pflanzlicher Biomasse, die auf einer Kombination folgender technologischer Verfahren beruht: Umwandlung von Biomasse in wasserstoffreiches Synthesegas, Abtrennung von hochreinem Wasserstoff aus dem Synthesegas mit Hilfe einer Membranfilteranlage und Nutzung des Wasserstoffs zur Gewinnung von elektrischer Energie mit Hilfe einer Brennstoffzelle. Die Firma Electro-Farming GmbH plant mit Partnern die Errichtung einer ersten derartigen Biomasse-Brennstoffzellen-Anlage für eine elektrische Leistung von 2 Megawatt in Pilsting nordöstlich von München und nach erfolgreicher Erprobung die weltweite Vermarktung.

Der Verfasser dieses Gutachtens ist Professor für Technische Elektronik an der Technischen Universität München. Auf seinem Arbeitsgebiet "Leistungselektronische Bauelemente" beschäftigt er sich auch mit der Energiegewinnung aus Biomasse und und mit der Technologie von Brennstoffzellen. Er hat die Firma Electro-Farming GmbH

und deren Alleininhaberin, Frau Hannelore Gallin-Ast (Grottenweg 4 85253 Großberghofen), in einer Besprechung am 7. Mai 1997 kennengelernt und hatte vorher keine Kenntnis von der Patentsituation, den bisherigen Aktivitäten und dem Vorhaben der Firma.

In diesem Gutachten werden (1) der gegenwärtige technische Entwicklungsstand der geplanten Pilotanlage, (2) die Planung für den Aufbau und die Erprobung der Pilotanlage, (3) die Patentsituation, (4) die wirtschaftliche Bedeutung des Electro-Farming-Projekts und (5) der wirtschaftliche Wert der Patente beurteilt.

1. Der gegenwärtige technische Entwicklungsstand der geplanten Pilotanlage

Die Demonstrationsanlage (ausgelegt für den sogenannten Grundlastbetrieb) besteht aus drei durch Gasleitungen miteinander verbundenen Systemkomponenten: einem Dampfreformer-, Heißgasreinigungs- und Brennstoffzellenmodul. Im Dampfreformer wird aus der in geeigneter Form zugeführten Biorohmasse durch Zufuhr von überhitztem Wasserdampf ein wasserstoff- und kohlenmonoxidhaltiges Rohgas erzeugt. Mit einem konventionellen sogenannten "Shiftreaktor" wird, dem Stand der Technik entsprechend, das erzeugte Kohlenmonoxid (ca 15 Vol.%) in Wasserstoff überführt. Das Rohgas enthält dann 60% Wasserstoff.

Im anschließenden Heißgasreinigungsmodul wird mit Hilfe eines Metallmembran-Filtersystems reiner Wasserstoff von den übrigen Rohgasanteilen abgetrennt und kann in einem Behälter zwischengespeichert werden, um Wasserstoff für andere Anwendungen (z.B. für Busse mit Brennstoffzellenantrieb) zur Verfügung zu stellen. Das verbleibende Rohgas - nach Wasserstoffextraktion - ist ein Schwachgas, dessen Energieinhalt ausreicht, um die für den Betrieb des Dampfreformers benötigte Wärmeenergie bereitzustellen.

Das hochreine Wasserstoffgas wird dann kontinuierlich - mit oder ohne Einsatz eines Zwischenspeichers - zu einem Brennstoffzellen-

system geleitet, das den Energiegehalt des Wasserstoffs in elektrische Gleichstromenergie umwandelt und anschließend in einem Thyristorwandler in Wechselstrom umsetzt. Der berechnete elektrische Gesamtwirkungsgrad der Anlage (etwa 37%) ist realistisch und dürfte mit einem optimierten System erreicht werden.

Die für die Bio-Brennstoffzellenanlage vorgesehenen und notwendigen Systemkomponenten, nämlich der Dampfreformer-, Heißgasreinigungs- und Brennstoffzellenmodul, sind von renommierten und fachlich kompetenten Firmen in den USA bereits bis zur Serienreife entwickelt und gründlich erprobt worden oder befinden sich im Stadium der Vermarktung. Der Dampfreformer wird von der US-Firma Thermo-Chem Inc. hergestellt und geliefert. Die Firma bietet die Möglichkeit der Unterlizenzvergabe an deutsche Unternehmen. Das Heißgasreinigungssystem zur Herstellung von reinem Wasserstoff baut und liefert die US-Firma Bend Research Inc. und die Brennstoffzellenaggregate stammen von der Firma H-Power Corp. Die genannten Unternehmen verfügen über eine große Erfahrung auf ihren jeweiligen Technologiegebieten. Der Gutachter ist überzeugt, daß sie in der Lage sind, in relativ kurzer Zeit eine funktionsfähige 2 MW-Demonstrationsanlage mit einem geplanten Biomassedurchsatz von 1 Tonne je Stunde in Pilsting zu errichten.

Von besonderer Bedeutung ist, daß das amerikanische Unternehmen Stone & Webster Engineering Corp. bereit ist, die Projektträgerschaft (Projektgarantie) für das gesamte Vorhaben zu übernehmen und das Projekt bis zur Inbetriebnahme der Anlage zu begleiten.

2. Die Planung für den Aufbau und die Erprobung der Demonstrationsanlage

Für die Errichtung und Erprobung der Demonstrationsanlage wurde ein Drei-Phasen-Plan erarbeitet. Die Phasen I und II umfassen eine Reihe von technischen und organisatorischen Vorarbeiten. Dazu ge-

hören die Vorbereitung und Testläufe mit der konkret zum Einsatz kommenden deutschen Biomasse auf einer Pilotanlage in den USA, die Auswertung der Testergebnisse, die Optimierung der Schnittstellen des Gesamtsystems, die technischen und wirtschaftlichen Garantien für die Demonstrationanlage mit einem Durchsatz von 1 to/h, die Durchführung des deutschen Zulassungsverfahrens und die wissenschaftliche Betreuung des Projekts. In der Phase III wird die Demonstrationsanlage bestellt, aufgebaut und in Betrieb genommen.

Für die Phasen I und II ist eine Bearbeitungszeit von etwa 6 Monaten und für die Phase III eine Zeit von 11 Monaten vorgesehen. Die gesamte Projektdauer (17 Monate) und die veranschlagten Gesamtkosten in Höhe von 18,5 Mio DM. sind angemessen und entsprechen dem Umfang der zu erledigenden Arbeiten.

3. Die Patentsituation

Frau Gallin-Ast verfügt über vier Patente und damit Exklusivrechte zur Umwandlung von nachwachsender Biomasse in ein wasserstoffreiches Synthesegas bzw. hochreinen Wasserstoff und deren Umwandlung in elektrische und thermische Energie. Das Grundkonzept (nach seinem Entwickler auch Dr. Johnssen-Technologie genannt) ist in der europäischen Patentanmeldung EP 0 564 796 A1 mit den deutschen Prioritäten vom 13.5., 20.8. und 16.10.1992 offenbart. Eine Spezifizierung des Grundkonzepts beschreibt die deutsche Patentanmeldung P 43 28 379.9 mit der Priorität vom 24.8.1993 Eine wichtige Weiterentwicklung ist in der deutschen Patentanmeldung P 44 30 750.0 dargestellt. An die deutsche Patentanmeldung P 44 30 750.0 wurde die europäische Patentanmeldung EP 95 101 521.3 angeschlossen.

Die europäische Patentanmeldung EP 95 101 521.3 umfaßt 15 europäische Länder. Zur deutschen Patentanmeldung P 44 30 750.0 sowie zu EP 95 101 521.3 gehören Auslandsanmeldungen für weitere 18 Länder. Diese weiteren Auslandsanmeldungen stimmen hinsichtlich Beschrei-

bung, Patentansprüchen und Zeichnungen mit den Anmeldungen P 44 30 750.0 und EP 95 101 521.3 überein. Das deutsche und das europäische Patentamt bejahen nach systematischen Recherchen in der internationalen Literatur die Patentfähigkeit der in den Patentanmeldungen P 44 30 750.0 und EP 95 101 521.3 offenbarten Lehre zum technischen Handeln. Daraus kann geschlossen werden, daß auch die Anmeldungen in den anderen Ländern zur Patenterteilung führen.

Die genannten Patentanmeldungen sind erst vor wenigen Jahren erfolgt. Da die Schutzdauer eines Patents 20 Jahre beträgt, kann die Patentsituation als hervorragend bezeichnet werden.

4. Die wirtschaftliche Bedeutung des Electro-Farming-Projekts

Der breite Einsatz von Dampfreformer-Brennstoffzellensystemen nach dem Electro-Farming-Prinzip kann in Zukunft große wirtschaftliche Bedeutung für die Land- und Fortwirtschaft, die Abfallwirtschaft, die dezentrale Erzeugung von Reinstwasserstoff und elektrischer Energie, den Umweltschutz und die Schaffung von Hochtechnologie-Arbeitsplätzen gewinnen.

4.1 Bedeutung für die Land-, Forst- und Abfallwirtschaft

Das Electro-Farming-Verfahren verwertet ausschließlich nachwachsende Biorohstoffe wie Grünverschnitt und Holzabfälle zur Energiegewinnung. Auch andere kohlenstoffhaltige Reststoffe wie zum Beispiel Klärschlamm sind als Primärenergiequellen geeignet.

Allein in Bayern fallen jährlich 720000 Tonnen landwirtschaftliche Reststoffe an, die als Energieträger für das Electro-Farming-Verfahren bestens geeignet sind. Andere Möglichkeiten der Entsorgung von Biorohstoffen weisen im Vergleich dazu erhebliche Nachteile auf:

- die Kompostierung mit Kosten von über 50 DM je Tonne ist zu teuer

- die Verbrennung ist wegen starker Verschlackung der Roste unrentabel und
- die Vergärung ist ungeeignet, weil Holzabfälle dafür nicht verwendet werden können.

Ein weiterer sehr wichtiger Gesichtspunkt für die rasche und umfassende Einführung des Electro-Farming-(EF-)Verfahrens ist die Tatsache, daß auch Gülle in aufbereiteter Form als Primärenergieträger für die Verwertung im EF-Bioreaktor bestens geeignet ist. Der anfallende Gülleüberschuß als Folge der intensiven Viehwirtschaft in vielen europäischen Ländern stellt bei übermäßiger Anwendung als Dünger wegen der Gefahr der Grundwasserverseuchung ein ernstes landwirtschaftliches Problem dar, das nicht allein auf Europa beschränkt ist. Hier kann das patentierte Gülleaufbereitungsverfahren nach J. Moser (Patent Nr. DE 4211013 A 1) in Verbindung mit dem EF-Verfahren in hervorragender Weise Abhilfe schaffen.

Bei dem Moser-Verfahren wird Gülle (weitere geeignete Ausgangsrohstoffe sind z.B. Klärschlamm, Tierblut oder flüssige Pülpe aus der Stärkeherstellung) mit einem faser- oder pulverförmigen Saugstoff und einem Biokleber vermischt und daraus ein Granulat erzeugt, das als energiehaltiger Rohstoff für den EF-Dampfreformer genutzt werden kann.

Als Saugstoff für das Granulat eignet sich eine Vielzahl von in der Landwirtschaft anfallenden Reststoffen wie zerkleinerte Schafwolle, Textil-, Jute- oder Baumwollfasern, zerkleinertes Altpapier, Papierstaub, Holzstaub, Sägemehl, Rindenabfall, Baumnadeln, feingehäckseltes Stroh oder Heu, Strohstaub sowie zerkleinerte Fruchtkerne und Fruchtstiele genutzt werden. Der Biokleber besteht vorzugsweise aus Substanzen auf der Basis von Getreidemehl, Quark oder Harz.

Durch möglichst rasche und breite Einführung des EF-Verfahrens ist somit eine sinnvolle und kostengünstige Verwertung vieler land-

und forstwirtschaftlicher Abfall- und Reststoffe möglich. Diese neuartige Technologie beseitigt unter anderem das gravierende Gülle-Überschußproblem, verhindert die drohende Grundwasser- und Gewässerverseuchung infolge Überdüngung und dient gleichzeitig der dezentralen und umweltschonenden - weil emissionsarmen - Erzeugung von Wasserstoff bzw. elektrischer Energie.

4.2 Vorteile des EF-Verfahrens für die dezentrale Erzeugung von Wasserstoff bzw. elektrischer Energie

Die Energiegewinnung nach dem EF-Verfahhren ist anderen konkurrierenden Technologien, wie Verbrennungs- und Vergärungsverfahren, deutlich überlegen.

Verbrennungsverfahren eignen sich nur für kaliumarme Brennstoffe wie zum Beispiel Holz. Der erreichbare Konversionswirkungsgrad ist bei Verbrennungsanlagen wesentlich geringer als bei EF-Systemen. Außerdem sind die Kosten für die Bereitstellung des Brennmaterials (DM 150 je Tonne) zu hoch. Auch mit relativ großen Biomasse-Dampfturbinenkraftwerken (für 80000 Tonnen Brennstoff pro Jahr) können nur niedrige Stromerzeugungswirkungsgrade erreicht werden. Der Einsatz von Gasturbinen ist technisches Neuland und führt zu noch größeren Einheiten. Die Folge sind höhere Transport- und Sammelkosten für die Brennstoffversorgung sowie langfristige Versorgungsrisiken bei Dauerbetrieb. Ein EF-System mit modernen Brennstoffzellen für eine elektrische Leistung von 2 MW benötigt nur 8000 Tonnen Brennstoff pro Jahr im Dauerbetrieb.

Im Unterschied zur Vergärung entsteht beim EF-Prozess hochreiner Wasserstoff und kein verunreinigtes Methan. Der EF-Prozess hat eine erheblich höhere Gasausbeute als der Vergärungsvorgang und erfordert niedrigere Kapitalkosten.

Der EF-Prozess ist wegen seiner guten Brennstoffausnutzung und Brennstofflexibilität und wegen seines hohen Wirkungsgrads be-

sonders für die dezentrale Wasserstoff- und Elektroenergiegewinnung in klein- und mittelgroßen Anlagen geeignet. Das als Brennstoff dienende Biorohmaterial kann mit relativ niedrigem Kostenaufwand aus dem Umfeld des Anlagenstandorts zur Verfügung gestellt werden. Damit verbilligt sich auch die Logistik der Brennstoffversorgung.

4.3 Bedeutung für den Umweltschutz

Die großtechnische Anwendung des EF-Verfahrens bietet im Vergleich zu konkurrierenden Technologien für den Umweltschutz ganz erhebliche Vorteile. Das EF-Verfahren

- bietet wegen seines hohen Wirkungsgrads eine besonders gute energetische Ausnutzung der als Brennstoff dienenden Biomasse,

- ist für ein breites Spektrum von Biomaterialien geeignet, die dadurch umweltschonend und energiegewinnend entsorgt werden können,

- ist auch wegen der besonders kurzen Brennstoff-Transportwege im unmittelbaren Umfeld einer EF-Anlage versorgungs- und damit umweltfreundlich,

- ermöglicht hinsichtlich des bei der Umsetzung von Biomasse freigesetzten Kohlendioxids (CO_2) einen geschlossenen Stoffkreislauf weil später das CO_2 der Atmosphäre zur Bildung von pflanzlicher Biomasse wieder entzogen wird,

- erzeugt keine schädlichen Spurengase wie Stickoxide und Ammoniak, keine metallhaltigen Dämpfe und nur sehr geringe Staubemissionen,

- erzeugt als Reststoff ökologisch unbedenkliche Asche, die als Mineraldünger verwendet werden kann,

- liefert dezentral, also nahe am Verbrauchsort, hochreinen Wasserstoff, der bei Verbrennung in Antriebs- oder Wärmekraftanlagen als Verbrennungsprodukt nur reinen Wasserdampf erzeugt,

- liefert ebenfalls dezentral, also nahe am Verbrauchsort, mit hohohem Wirkungsgrad elektrische Energie, die wegen der kurzen Versorgungsleitungen verlustarm dem Endverbraucher zur Verfügung steht, und

- produziert pro Tonne Biomasse etwa 500 kg chemisch reines Wasser, das vielfältig als Wertstoff genutzt werden kann.

4.4 Marktpotential zur Schaffung von Hochtechnologie-Arbeitsplätzen

Das deutsche Marktpotential wird für die nächsten 5 Jahre, also bis zum Jahr 2002, auf 30 bis 50 Anlagen und bis zum Jahr 2010 auf mehrere 100 Anlagen geschätzt. Durch die Novellierung der "Technischen Anleitung Siedlungsabfälle" wird die deutsche Marktsituation in den nächsten Jahren sehr positiv beeinflußt.

In den Ländern, in denen der Patentschutz besteht, kann ebenfalls eine sehr günstige Entwicklung des Markts für EF-Energiesysteme erwartet werden. Ein besonders wichtiges Absatzgebiet dürfte Tschernobyl werden, wo nach erfolgreicher Anlagendemonstration bis zum Jahr 2002 allein 50 bis 100 Anlagen zur Verstromung von kontaminiertem Waldholz eingesetzt werden können.

Die sehr guten weltweiten Marktchancen für EF-Energiesysteme bieten die Aussicht zur Schaffung zahlreicher zukunftsträchtiger Hochtechnolgie-Arbeitsplätze in Deutschland. Diese Arbeitsplätze entstehen im Technologiebereich bei der Fertigung, Erprobung und Wartung der Anlagen, in der Landwirtschaft bei der Brennstoff-Versorgung und der Reststoffverwertung als Düngemittel sowie im Handel durch den Anlagen-Export in alle Welt.

Voraussetzung für eine derartige positive Entwicklung ist allerdings, daß das Electro-Farming-Projekt als ein im allgemeinen öffentlichen Interesse liegendes Vorhaben jede mögliche öffentliche Unterstützung und insbesondere finanzielle Förderung erhält.

5. Der wirtschaftliche Wert der Electro-Farming-Patente

Die erwähnten vier Electro-Farming-Patentanmeldungen sind Anfang der neunziger Jahre erfolgt. Dies sichert der Electro-Farming GmbH über eine ausreichend lange Zeit, nämlich während der nächsten 15 bis maximal 20 Jahre, das ausschließliche Nutzungs- und Vermarktungsrecht in einer großen Anzahl von Ländern, in denen Patentanmeldungen vorgenommen wurden.

Bis zum Jahr 2002, also in den nächsten 5 Jahren, kann für EF-Energieanlagen mit folgenden realistischen Mindest-Absatzzahlen gerechnet werden:

Deutschland:	30	Anlagen
Rußland (Tschernobyl):	50	"
Europäische Gemeinschaft:	50	Anlagen
Außereuropäische Länder:	10	"

Daraus ergibt sich ein voraussichtlicher Mindestabsatz von 140 Anlagen bis zum Jahr 2002. Bei einem Verkaufspreis von 18 Mio. DM je Anlage bedeutet dies einen Umsatz von 2,52 Mrd. DM. Nimmt man als Mindestlaufzeit des Patentschutzes 15 Jahre an, so ergäbe sich bis zum Jahr 2012 ein Mindestumsatz von 7,56 Mrd. DM. Bei einem Gewinnanteil von 10% errechnet sich daraus ein Betrag von 0,756 Mrd. DM. Bei Berücksichtigung aller noch bestehenden Entwicklungs- und Vermarktungsrisiken der EF-Energieanlagen repräsentieren die bestehenden Schutzrechte der Firma Electro-Farming GmbH einen Wert

von etwa 150 Mio. DM (rund 20% von 0,756 Mrd. DM).

Auf Grund dieser sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht sehr aussichtsreichen Aspekte des Electro-Farming-Projekts empfiehlt der Gutachter, das Projekt umgehend finanziell zu fördern, damit alle Vorteile dieser Zukunftstechnologie unserer Volkswirtschaft zur Schaffung neuer Arbeitsplätze zugute kommen.

München, 10.6.1997

J. Eichmeier

Prof. Dr.-Ing. Joseph Eichmeier
Träger der Rudolf-Diesel-Medaille 1997